

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-163830

(43)Date of publication of application : 07.06.2002

(51)Int.Cl. G11B 7/09
G11B 7/135
G11B 7/24

(21)Application number : 2000-358106 (71)Applicant : TOSHIBA CORP

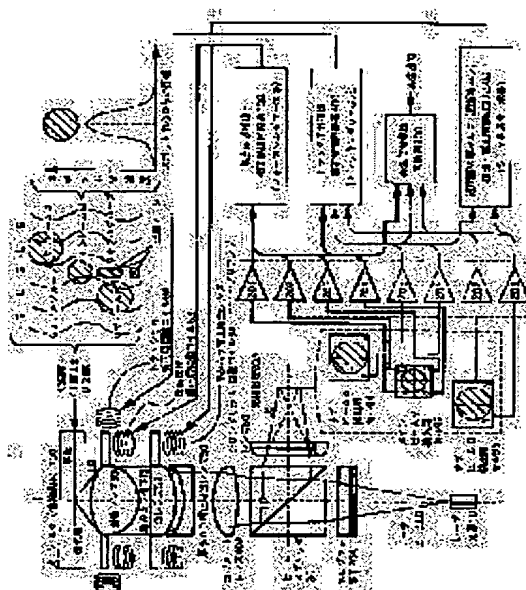
(22)Date of filing : 24.11.2000 (72)Inventor : ANDO HIDEO
KINOSHITA AKIRA
MARUYAMA SUMITAKA

(54) OPTICAL INFORMATION PROCESSING SYSTEM BY MAKING USE OF OPTICAL ABERRATION AND INFORMATION MEDIUM HAVING RECORDING LAYER WHICH IS PROTECTED BY TRANSPARENT LAYER WITH UNEVEN THICKNESS

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a thickness servo system making use of an optical aberration.

SOLUTION: The present thickness servo system comprises an objective lens 60 opposite to a recording layer which is covered with a transparent layer with uneven thickness, a laser beam source 10 which supplied the recording layer with the laser beam through the objective lens 60 and the transparent layer, a photo-detector 90A which detects the laser beam reflected by the recording layer through the transparent layer and the objective lens 60 and uneven thickness-correcting means 50 and 52 which are provided in a laser beam path between the laser beam source 10 and the recording layer and correct the optical aberration of the objective lens 60 caused by the uneven thickness of the transparent layer. In this servo system, the quantity of the aberration corresponding to the uneven thickness is detected by the photo-detector 90A, and then the uneven thickness-correcting means 50 and 52 work so that the quantity of the aberration thus detected can be minimum. The uneven thickness of the transparent layer can be converted from the quantity of the aberration thus detected.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 26.10.2004

[Date of sending the examiner's decision of

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-163830

(P2002-163830A)

(43) 公開日 平成14年6月7日 (2002. 6. 7)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	ターミナル(参考)
G 1 1 B	7/09	G 1 1 B	7/09 A 5 D 0 2 9
	7/135		7/135 Z 5 D 1 1 8
	7/24		7/24 5 2 2 P 5 D 1 1 9
	5 2 2		5 3 5 C
	5 3 5		5 3 5 G

審査請求 未請求 請求項の数12 O L (全 69 頁)

(21) 出願番号 特願2000-358106 (P2000-358106)

(22) 出願日 平成12年11月24日 (2000. 11. 24)

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

東京都港区芝浦一丁目1番1号

(72) 発明者 安東 秀夫

神奈川県川崎市幸区柳町70番地 株式会社
東芝柳町事業所内

(72) 発明者 木下 暁

神奈川県川崎市幸区柳町70番地 株式会社
東芝柳町事業所内

(74) 代理人 100058479

弁理士 鈴江 武彦 (外6名)

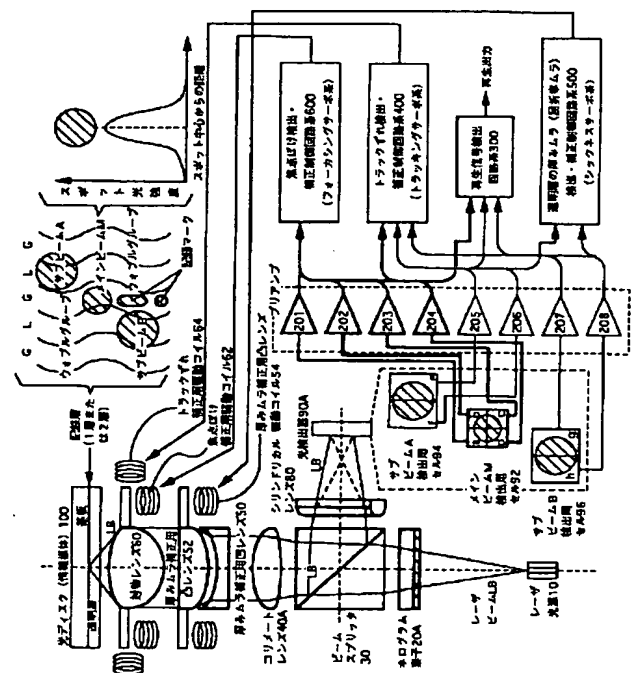
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光学的収差を利用した光情報処理システムおよび厚みムラのある透明層で保護された記録層を持つ情報媒体

(57) 【要約】

【課題】 光学的収差を利用したシックネスサーボシステムを提供する。

【解決手段】 このシックネスサーボシステムは、厚みムラを伴う透明層で覆われた記録層に対向する対物レンズ60と、対物レンズ60および透明層を介して記録層にレーザビームを供給するレーザ光源10と、記録層で反射されたレーザビームを透明層および対物レンズ60を介して検知する光検出器90Aと、レーザ光源10から記録層までの間のレーザビーム光路に設けられ、透明層の厚みムラに起因する対物レンズ60の光学的収差を補正する厚みムラ補正手段50/52とを備える。このサーボシステムでは、光検出器90Aで厚みムラに対応する収差量が検出され、検出された前記収差量が極小となるように厚みムラ補正手段50/52が動作する。検出された収差量から、透明層の厚みムラを換算することもできる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】厚み μ あるいは屈折率 μ を伴ない得る透明層で覆われた記録層または光反射層を持つ情報媒体から、前記記録層または光反射層に記録された情報を再生する場合、または前記記録層に対して情報の記録再生を行う場合に利用されるものであって、光源からの波長 λ の光を情報媒体の記録面上に集光させる送光系、前記情報媒体からの前記波長 λ の光を検出する検出光学系、および前記送光系により前記情報媒体の記録面上に集光された前記波長 λ の光の光学的収差量が小さくなるようなサーボ系を備え、前記光学的収差量を小さくするサーボ系が動作した結果としての前記光学的収差量の残留偏差量が、 0.07λ rms以下に保たれるように構成したことを特徴とするサーボシステム。

【請求項2】厚み μ あるいは屈折率 μ を伴ない得る透明層で覆われた記録層または光反射層を持つ情報媒体から、前記記録層または光反射層に記録された情報を再生する場合、または前記記録層に対して情報の記録再生を行う場合に利用されるものであって、光源からの波長 λ の光を情報媒体の記録面上に集光させる送光系、前記情報媒体からの前記波長 λ の光を検出する検出光学系、および前記送光系により前記情報媒体の記録面上に集光された前記波長 λ の光の光学的収差量が小さくなるようなサーボ系を備え、前記光学的収差量を小さくするサーボ系のサーボゲインが G であるときに、このサーボ系が動作した結果としての前記光学的収差量の残留偏差量が、 0.07λ rms $\times G$ 以下に保たれるように構成したことを特徴とするサーボシステム。

【請求項3】厚み μ を伴ない得る透明層で覆われた記録層または光反射層に前記透明層を介して集束光を照射し、前記記録層または光反射層で反射された光の収差量を計測し、計測された収差量から前記透明層の厚みを求めることを特徴とする透明層の厚み測定方法。

【請求項4】所定範囲内の屈折率 n および所定範囲の厚み μ を伴ない得る所定の厚み d を持つ透明層で保護された記録層または光反射層を持つ情報媒体において、前記透明層の屈折率 n および厚み d の関係が、以下の6点で囲まれる範囲内で定義されることを特徴とする情報媒体：

- (1) $n=1.42$ 、 $d=186\mu\text{m}$ ；
- (2) $n=1.57$ 、 $d=160\mu\text{m}$ ；
- (3) $n=1.72$ 、 $d=160\mu\text{m}$ ；
- (4) $n=1.72$ 、 $d=40\mu\text{m}$ ；
- (5) $n=1.57$ 、 $d=40\mu\text{m}$ ；
- (6) $n=1.42$ 、 $d=66\mu\text{m}$ 。

【請求項5】所定範囲内の屈折率 n および所定範囲の厚

み μ を伴ない得る所定の厚み d を持つ透明層で保護された記録層または光反射層を持つ情報媒体が、前記透明層を介して前記記録層または光反射層に所定波長のコヒーレント光を導く対物レンズと前記透明層の厚み μ またはその屈折率 μ に起因する前記対物レンズの光学的収差の影響を抑制するシクネスサーボ系を含む装置で用いられることが想定されている場合において、

前記透明層の厚み μ を δd とし、

前記透明層の屈折率を n とし、

前記対物レンズの開口数を NA とし、

前記シクネスサーボ系のサーボゲインを G とし、

前記シクネスサーボ系のサーボ動作による前記光学的収差の補正機能を Wc rmsで表したときに、

前記厚み μ δd の大きさが、

$$\{ [0.94 \times 8 \cdot n^3] / [0.07 \times (n^2 - 1) \times (NA)^4] \} \times (G \cdot Wc \text{ rms}) \text{に相当する値以下となるように管理されることを特徴とする情報媒体。}$$

【請求項6】第1の記録層または光反射層と、透明なスペース層を介して前記第1の記録層または光反射層に積層された第2の記録層または光反射層とを持ち、前記第1の記録層または光反射層上に、所定範囲内の屈折率 n および所定範囲の厚み μ を伴ない得る所定の厚み d を持つ透明層が設けられ、

前記所定の厚み d は前記透明層の表面から前記スペース層の中間までの長さを示し、

前記透明層の屈折率 n および厚み d の関係が、以下の6点で囲まれる範囲内で定義されることを特徴とする情報媒体：

- (1) $n=1.42$ 、 $d=229\mu\text{m}$ ；
- (2) $n=1.57$ 、 $d=190\mu\text{m}$ ；
- (3) $n=1.72$ 、 $d=190\mu\text{m}$ ；
- (4) $n=1.72$ 、 $d=10\mu\text{m}$ ；
- (5) $n=1.57$ 、 $d=10\mu\text{m}$ ；
- (6) $n=1.42$ 、 $d=49\mu\text{m}$ 。

【請求項7】厚み μ あるいは屈折率 μ を伴ない得る透明層で覆われた記録層または光反射層を持つ情報媒体から、前記記録層または光反射層に記録された情報を再生する場合、または前記記録層に対して情報の記録再生を行う場合に利用されるものであって、

光源からの光を情報媒体の記録面上に集光させる送光系、前記情報媒体からの前記光を検出する検出光学系、および前記送光系により前記情報媒体の記録面上に集光された前記光の光学的収差を補正する収差補正手段を備え、前記記録層または光反射層に記録された情報を再生する場合、または前記記録層に対して情報の記録再生を行う場合において、前記収差補正手段による前記光学的収差の補正が行われるように構成されたことを特徴とする装置。

【請求項8】情報媒体に記録された情報を再生する場合

3

または情報媒体に対して情報の記録再生を行う場合に利用されるものであって、

光源からの光を情報媒体の記録面上に集光させる送光系および前記情報媒体からの光を検出する検出光学系を備え、

前記送光系により前記情報媒体の記録面上に集光された光の球面収差状況および焦点ぼけ状況を、それぞれ独立に検出するように構成したこと特徴とする装置。

【請求項 9】光源からの光を情報媒体の記録面上に集光させる送光系と、

前記情報媒体からの光を検出する検出光学系と、

前記検出光学系での検出結果から、前記送光系により前記情報媒体の記録面上に集光された光の波面収差または球面収差の発生状況を検出する手段とを備えたことを特徴とする収差状況検出装置。

【請求項 10】光源からの光に光学的収差を与えて情報媒体の記録面上に集光させる送光系と、前記情報媒体からの光を検出する検出光学系とを具備し、

前記検出光学系による検出結果から、前記送光系により前記情報媒体の記録面上に集光された光の光学的収差状況を検出するように構成したこと特徴とする装置。

【請求項 11】情報媒体上に同心円状または螺旋状に形成されるトラックに沿って記録された情報を集束光を用いて再生し、あるいは情報媒体上に同心円状または螺旋状に形成されるトラックに沿って情報を集束光を用いて記録するものであって、

光源と、この光源からの光を前記情報媒体の記録面上で複数の集光位置に集光させるための光分割機能を有した光学素子と、この光学素子からの光を前記情報媒体の記録面上の複数の集光位置に集光する送光系と、前記情報媒体を経た前記光を検出する検出光学系とを備え、前記検出光学系から、前記情報媒体の記録面上における前記集束光と前記トラックとの間の相対的位置ずれに対応した信号を検出するように構成したことを特徴とする装置。

【請求項 12】情報媒体上に同心円状または螺旋状に形成されるトラックに沿って記録された情報を集束光を用いて再生するものであって、

光源と、この光源からの光を前記情報媒体の記録面上で複数の集光位置に集光させるための光分割機能を有した光学素子と、この光学素子からの光を前記情報媒体の記録面上の複数の集光位置に集光する送光系と、前記情報媒体を経た前記光を検出する検出光学系とを備え、前記検出光学系から、前記情報媒体の記録面上における隣接トラック間のクロストークに対応した信号を検出するように構成したことを特徴とする装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、集束光（レーザビーム）を用いて情報媒体（光ディスク）に記録された

4

情報を再生し、または情報媒体に対して情報の記録再生を行うシステム（装置・方法）に利用されるものであって、以下のものに関する。

【0002】（イ）情報媒体の記録面上に形成される集束光の収差状況検出；

（ロ）情報媒体の記録面上に形成される集束光に対する収差補正制御；

（ハ）情報媒体の記録面上での集束光を記録トラックに沿って安定にトレースさせるためのトラックずれ検出機能およびこの集束光に対する収差補正機能を持った光学ヘッドまたは情報再生装置／情報記録再生装置における、光学系および処理回路系の改善（合理化・簡素化）；

（ニ）情報媒体からの再生信号品質向上機能（情報媒体上の隣接トラック間クロストークキャンセル処理など）および情報媒体上の記録面上に形成される集束光に対する収差補正機能を持った光学ヘッドまたは情報再生装置／情報記録再生装置における、光学系および処理回路系の改善（合理化・簡素化）；

（ホ）高密度化に適した情報媒体の物性（構造・サイズ・特性など）；

（ヘ）安定な記録動作または安定な再生動作を保証できる情報媒体を提供するための、情報媒体（例えば片面 1 層／2 層光ディスク）に関する製造管理方法。

【0003】視点を変えると、この発明は、以下のものに関するともいえる。

【0004】（1）光学的収差を利用したシックネスサーボシステム；

（2）光学的収差を利用した情報媒体透明保護層の厚みムラ検出システム；

（3）片面 1 層の情報記録層（リードオンリー層またはリードライト層）が透明保護層により保護された情報媒体；

（4）片面 2 層の情報記録層（各層がリードオンリー層またはリードライト層）が透明保護層により保護された情報媒体；

（5）光学的収差を利用した対物レンズ制御方法およびこの方法を用いた光学ヘッド；

（6）収差状況検出方法およびこの方法を利用したチルトサーボ；

（7）収差検出光学系および差分プッシュプル信号処理系を持つ光学ヘッドおよびこの光学ヘッドを用いたサーボシステム；

（8）収差検出光学系およびクロストークキャンセル処理系を持つ光学ヘッドおよびこの光学ヘッドを用いたサーボシステム。

【0005】

【従来の技術】集束光（レーザビーム）を用いて情報媒体（光ディスク）に記録された情報の再生を行う情報再生装置（リード専用光ディスクドライブまたは光ディス

10

20

30

40

50

クプレーヤ)もしくは情報媒体に対する情報の記録再生を行う情報記録再生装置(リードライト可能光ディスクドライブまたは光ディスクレコーダ)は、通常、

(a) 情報媒体の光反射層または記録層位置と集束光の集光点位置とを一致させるための、焦点補正機能(フォーカシングサーボ)；

(b) 情報媒体の光反射層または記録層上に同心円状もしくはスパイラル状(螺旋状)に形成されたトラックに沿って集束光をトレースさせるための、トラックずれ補正機能(トラッキングサーボ)；

(c) 情報媒体の反りなどにより発生する光反射層または記録層の傾きに対して補正を行う傾き補正機能(チルトサーボ)等の機能を有している。

【0006】上記の補正機能(サーボ機構)それぞれは、焦点ぼけ量、トラックずれ量などの理想値からのずれ量を光学的に検出して補正をかける構造になっているが、補正機能(サーボ機構)を作動させても、ずれた分を完全に理想状態に戻すことはできない。このような、補正機能(サーボ機構)を作動させたときの理想状態からのずれ量(サーボをかけても残る焦点ぼけ量、トラックずれ量など)を「残留偏差」と呼んでいる。

【0007】上記(a)～(c)の補正機能(サーボ機構)に関しては、「サーボ系が安定動作するために必要な残留偏差量」をどのような値に設定すれば良いかが、過去からの試行錯誤の積み重ねから経験的に分かっている。

【0008】以下、上記(b)のトラックずれ補正機能(トラッキングサーボ)に関して説明を続ける。

【0009】集束光を用いて情報の再生を行う情報再生装置(光ディスクプレーヤ)もしくは情報の記録再生を行う情報記録再生装置(光ディスクレコーダ)に装填される情報媒体(光ディスク)は、同心円上またはスパイラル状(螺旋状)のトラックを有し、そのトラックに沿って情報が予め記録され、あるいはそのトラックに沿って情報を記録する構造になっている。

【0010】事前に記録された情報の再生のみを行う再生専用の情報媒体(DVD-ROMなど)では、トラックに沿って微小な凹凸形状を有したピット配列を集束光が通過するときの集束光の反射光量変化を用いて、情報再生が行われるようになっている。

【0011】一方、情報記録可能あるいは情報書替可能な情報媒体(DVD-R、DVD-RW、DVD-RAMなど)では、トラックに沿って連続溝(ブリググループ)が予め形成されている。この情報媒体は、集束光をその連続溝(ブリググループ)あるいは隣接連続溝間の領域(ランド)に沿って移動させながら情報記録を行う構造を有している。

【0012】なお、上記連続溝(ブリググループ)は微小に蛇行(ウォブル)しており、この蛇行したブリググループもしくはランドからの蛇行信号(ウォブル信号)を用

いて、情報記録時の基準クロック信号抽出や情報媒体の回転速度検出を行っている。

【0013】ところで、集束光のブリググループ中心またはランド中心からの位置ずれ(トラックずれ)検出には、集束光がブリググループまたはランド部分で回折されるときに生じる回折パターンを検出するプッシュプル法が用いられる場合が多い。しかし、このプッシュプル法には、情報媒体に反りなどによる傾きが生じるとトラックずれ検出信号にオフセットが発生するという問題が存在する。

【0014】この問題を回避するため、差動プッシュプル(Differential Push-Pull)DPP法という検出方法が考案されている。このDPP法では、情報媒体の記録面上に複数の集束光(3本のレーザビーム)を照射し、中央のメインビームがブリググループ(あるいはランド)上に存在したときには左右のサブビームをランド(あるいはブリググループ)上に照射させ、メインビームから得られるプッシュプル信号と各サブビームから得られるプッシュプル信号間の差を取ることで、オフセット量をキャンセルしている。

【0015】また、情報媒体の高密度化を目指して隣接トラック間距離(トラックピッチ)を縮めると、再生時の集束光が隣接トラック上に存在するピットの信号も同時に感知するクロストーク現象が発生して、再生信号の劣化が生じてしまう。

【0016】このような隣接トラックからのクロストークの影響を除去する方法として、クロストークキャンセラ(CrossTalk Canceller)CTC法という処理方法が考案されている。このCTC法では、情報媒体の記録面上に複数の集束光(3本のレーザビーム)を照射し、中央のメインビームが特定のトラック中央に存在したときには左右のサブビームを左右の隣接トラック上に照射させ、メインビームからの検出信号に含まれるクロストーク成分を、左右のサブビームからの検出信号により電気回路上で相殺している。

【0017】話は変わるが、情報媒体の記録面上にゴミの付着や傷が生じると、情報の再生もしくは記録再生が困難になる。このため、光を集光させる対物レンズに対向する情報媒体の記録面上には、透明基板または透明保護層などの透明層が設けられている。しかし、この透明層の厚さ(対物レンズに対向する透明層表面から記録層までの距離)が理想的な厚み値(媒体製造上の設計中心値)からずれる「厚みムラ」が生じると、記録面上の集束光に球面収差が発生する。また、反りなどの影響で情報媒体が傾くと、この透明層の影響により、記録面上で集束光にコマ収差が発生する。球面収差およびコマ収差のいずれの収差が発生した場合でも、記録面上での集束光のスポットサイズが大きくなり、情報媒体からの再生信号劣化や情報媒体への記録の不安定が生じる。

【0018】情報媒体の記録面上に照射される集束光の

スポットサイズは波長に比例し、光を収束させるための対物レンズの絞り角を示す開口数 (Numerical Aperture) NA 値に反比例する。従って、情報媒体の記録密度向上を目指して集束光のスポットサイズの縮小化を行うためには、対物レンズの NA 値を大きくする必要がある。ところが、前記コマ収差の起き易さ (発生容易性) は NA 値の 3 乗に比例し、前記球面収差の発生容易性は NA 値の 4 乗に比例する。このため、高密度化を目指して NA 値を大きくすると、情報媒体のわずかな特性変化 (透明層の厚み変化および/または対物レンズに対する平行性の変化) で非常に大きなコマ収差/球面収差が発生し易くなるという問題が生じる。

【0019】このような問題を解決するため、情報媒体の保護層 (透明基板あるいは透明層) の厚みムラ補正 (球面収差補正) 機構/制御系および情報媒体の傾き補正 (コマ収差補正) 機構/制御系が必要となる。

【0020】さらに、前述したように差動プッシュプル (DPP) 法による安定なトラックずれ検出やクロストークキャンセラ (CTC) 法による再生信号の信頼性向上も、同時に望まれている。

【0021】情報媒体について言えば、片面再生の場合の記録容量向上を目指して、現行の DVD-ROM ディスクでは「片面 2 層ディスク」が規格化されている。この情報媒体では、基板の片側面上に、光反射層が 2 層、ある間隔を置いて積層されている。この「片面 2 層ディスク」の再生時には、再生光の集光位置を上下の光反射層位置に合わせて移動させることで、どちらの光反射層からの情報を再生するかを切替選択している。ここで、再生時の層間クロストーク (一方の光反射層から情報再生しているときに他方の光反射層で反射した光が光検出器内に漏れ込んでくる現象; この層間クロストークも再生信号を劣化させる) を低減させるため、層間距離は所定の距離以上になるよう規格化されている。

【0022】また、近年では、記録可能な記録層を 2 層に積層し、記録再生可能な情報媒体に対しても片面からの記録再生時の記録容量を向上させる技術も開発されている。

【0023】

【発明が解決しようとする課題】 前述したように、近年では、情報媒体の記録密度向上を目指して集束光のスポットサイズの縮小化を狙い、情報再生装置または情報記録再生装置内に利用される光学ヘッドの対物レンズの NA 値が大きくなってきた。例えば、CD 用光学ヘッドの対物レンズの NA 値は 0.47、初期の MO ドライブの NA 値は 0.55、現世代 DVD 装置の NA 値は 0.6 であり、次世代 DVD に利用される情報再生装置または情報記録再生装置での NA 値は 0.65 以上 (具体的には 0.65~0.90 の範囲) が検討されている。

【0024】また、前述したように、透明層の厚みムラが生じると、記録面上の集束光に発生する球面収差量が

近似的には NA 値の 4 乗に比例して大きくなる。従って、NA 値として 0.65 を越える情報再生装置もしくは情報記録再生装置においては、透明層の厚みムラにより生じる球面収差を補正する新たな「透明層の厚みムラに対する補正機能 (シックネスサーボ; Thickness Servo)」の技術が必要となってきた。

【0025】しかし、過去の情報再生装置または情報記録再生装置において「透明層の厚みムラ補正機能 (シックネスサーボ)」の技術が採用されたことはなく、これまでのサーボ技術では、「透明層の厚みムラ補正機能 (シックネスサーボ) において安定動作に要求される残留偏差量 (許容残留偏差量の上限)」は完全に未知な情報になっている。

【0026】また、過去の情報再生装置または情報記録再生装置において「透明層の厚みムラ補正機能 (シックネスサーボ)」の技術が採用されることがないため、「補正を行う前に元から存在する透明層の厚みムラに関する許容範囲」に関しても、現在は完全に未知な情報となっている。

【0027】ところが、透明層の厚みムラ補正機能 (シックネスサーボ) のサーボ回路を設計する上では、上記の「要求される残留偏差量」とともに「厚みムラ補正を行う前に元から存在する透明層の厚みムラ範囲 (規格内良品ディスクにおける透明層厚みムラの最大幅)」が必須な情報となる。

【0028】前述したように、従来は NA 値が 0.6 以下であるため、情報再生装置/情報記録再生装置 (光ディスクドライブ) 内の光学ヘッドに使用される対物レンズの構造としては、非球面の単レンズが使用される場合が多かった。しかし次世代の DVD において記録密度向上を目指して NA 値を 0.65 以上に上げると、対物レンズの製造技術上の問題から単レンズ構成が不可能となり、2 枚以上の複数レンズ構成による対物レンズ構造が要求される。

【0029】また、NA 0.65 以上の場合には、各レンズ間の位置ずれマージン、傾きマージンを確保するために、透明層の厚みを従来 DVD の 0.6 mm よりさらに薄くする (例えば 0.1 mm) 必要がある。このように透明層の厚みを従来の 0.6 mm より大幅に薄くした場合には、透明層の厚みムラの影響が相対的に大きくなるため、従来の DVD で使用された情報媒体と同じ製造方法 (品質管理方法) を採用することが困難となる。

【0030】このことから、次世代 DVD における情報媒体構造としては、記録または再生用の光を通過させない方向 (ディスク裏面側) に基板 (この基板は必ずしも透明である必要はない) を配置し、その上に光反射層または記録層を形成し、その上に薄い (例えば公称厚 0.1 mm) 透明保護層を形成する構造が採用される。

【0031】このような次世代 DVD の情報媒体 (光ディスク) において、記録または再生用の光を通過させる

方向に存在する透明層の形成方法としては、(A) 光反射層または記録層の上にスピコート法もしくはブレードコート法などの方法で透明層を塗布する、あるいは

(B) 事前に作成した透明層(透明シート)を透明な接着層を介して光反射層または記録層の上に接着するなどが考えられる。

【0032】上記(A)、(B)いずれの方法を採用しても、情報媒体に対する製造工程の途中段階では単独で透明層の厚みを測定することは不可能であり、情報媒体として完成後の段階で透明層の厚みを測定する必要性が生じる。

【0033】従来のDVDで使用される情報媒体(光ディスク)では、厚み0.6mmの透明基板上に直接光反射層または記録層が形成され、その0.6mm透明基板越しにレーザー光が記録面上(光反射層上または記録層上)に照射される構造を採用していた。このため、従来のDVDで使用される情報媒体では、製造段階において光反射層または記録層を形成する前の透明基板の厚みをマイクロメータなどにより機械測定することで、透明基板の厚みムラ管理を容易に行うことができた。しかし、このような機械測定法は、上記の薄い(0.1mm)透明層厚を精度良く測定し管理する目的には適当でない。

【0034】個々の製品間で相互互換性を保証しなければならない情報媒体においては、情報媒体(大量生産される光ディスク)として許容される透明層の厚みムラ範囲が、規格書上で規定される。しかし規格書上で透明層の厚みムラの許容範囲を規定するにしても、現状では透明層部分の厚みを測定する方法が確立されていない。

【0035】完成後の媒体(光ディスク)透明層の厚み測定方法としては、透明層の一部を剥離し、ターリーステップにより透明層の有無での段差を測定する方法が考えられる。しかし、この方法は情報媒体に対する破壊測定方法なので、測定後の(透明層の一部が破壊された)情報媒体は使用不可能になってしまう。

【0036】すなわち、現状では、次世代DVDの情報媒体(光ディスク)における透明層の厚みに関する非破壊測定方法が存在せず、精度の良い非破壊測定方法が望まれている。

【0037】また、許容範囲内の厚みムラが存在する透明層を持つ情報媒体(光ディスク)において、この透明層の特性(厚さと屈折率の関係など)をどのようにすればよいかについても、現在は全く未知の状態にある。

【0038】ところで、現在製品化されているDVD-ROMディスクには片面2層ディスクが存在している。現行のDVD-ROMディスクに関する規格書内では、光反射層の2層間の厚みは $55 \pm 15 \mu\text{m}$ と規定され、DVD-ROMディスク表面(光入射面)から各記録層までの距離は、標準値0.6mmに対して $+53 \mu\text{m} \sim -50 \mu\text{m}$ の範囲内に規定されている。現行DVDで使

用される光学ヘッドの対物レンズNA値は0.60であり、 $+53 \mu\text{m} \sim -50 \mu\text{m}$ という厚み誤差範囲は再生光学系における許容収差範囲内に含まれている。

【0039】しかし、前述したように、球面収差量は対物レンズのNA値の4乗に比例して増大する。このため、情報媒体の高密度化を目指してNA値を0.65以上に上げると、急激に球面収差量が増大し、増大した収差量が上記の許容収差範囲内($+53 \mu\text{m} \sim -50 \mu\text{m}$)に納まらなくなる。

【0040】その対策として、

*再生光学系における許容収差範囲内に納まるように、2層間の間隔を狭める；

*ディスク表面(光入射面)から各層の光反射層または記録層までの厚み精度を厳しく管理するの両方の対応を取る必要がある。しかしながら、この場合、

*2層間の間隔を狭めると、一方の光反射層または記録層の再生時に他方の光反射層または記録層で反射した光が光検出器内に漏れ込み、層間クロストークとなって再生信号を劣化させる；

*ディスク表面から各層までの厚み精度を厳しくすると情報媒体(光ディスク)の製造歩留まりが低下し、情報媒体の販売価格が増加するという問題が生じる。

【0041】いま、厚みムラのある薄い(例えば0.1mm)透明層下の高密度記録層の情報を、大きなNA(例えば0.85)を持つ対物レンズにより集光された短波長(例えば405nm)レーザー光束を用いて光学的に読み取る場合を考えてみる。この場合、レーザー光束の焦点を記録層に合わせる(記録層上のレーザースポットを最小に絞り込む)フォーカシングサーボと、透明層の厚みムラに起因する光学的収差を補正するシックネスサーボの2つが必要となる(たとえフォーカシングサーボにより焦点が最良点に自動調整されていても、収差によりレーザースポットサイズが大きくなってしまいうことを、このシックネスサーボにより防ぐ)。

【0042】このフォーカシングサーボおよびシックネスサーボを同時に行う方法として、フォーカシングサーボの光学系とシックネスサーボの光学系を別の周波数でウォブリングさせる方法が考えられる。この方法では、ウォブリングを通して光ディスクから得られた再生RF信号のエンベロープを捉えて、フォーカシングサーボおよびシックネスサーボを行なっている(再生RF信号エンベロープのウォブリング周波数はフォーカシングサーボとシックネスサーボとで異なるので、両者のサーボ検出信号を周波数分離できる)。

【0043】しかし、この方法では、フォーカシングサーボの検出信号とシックネスサーボの検出信号をとの間のクロストークが多く、フォーカシングサーボループとシックネスサーボループを完全に独立させることができない。このため、十分な制御量のサーボを安定にかける

ことが困難となり、透明層の厚さムラの許容範囲に対する要求が厳しくなる。また、サーボ応答周波数の上限がウォブリング周波数で規制されるので、高速サーボを実現することも困難となる。

【0044】前述したように、光ディスク（情報媒体）の半径方向および／または円周方向の反りなどの影響で光ディスクが対物レンズに対して傾くと、記録面上で集束光にコマ収差が発生する。このコマ収差が発生した場合、球面収差が発生した場合と同様に、記録面上での集束光のスポットサイズが大きくなり、光ディスク（情報媒体）からの再生信号劣化や光ディスク（情報媒体）への記録の不安定さが生じる。

【0045】そこで、「ディスク（情報媒体）の透明層の厚みムラ」により生じる球面収差の影響を補正するためにシックネスサーボを新たに導入するだけでなく、ディスク（情報媒体）の反りなどが原因で起きる「透明層の対物レンズに対する傾き」により生じるコマ収差の影響を補正するためのチルトサーボも（必要に応じて）新たに導入することになる。

【0046】しかし、シックネスサーボおよび／またはチルトサーボを、その検出光学系も含めて（前述したDPPおよび／またはCTCの光学系および回路系の他に）新規追加導入することになると、その分サーボ系（検出系、回路系）を複雑化させ、光学ヘッドの製品コストを増加させる要因になる。

【0047】この発明は上記課題を解決するためのものであって、その目的は、以下のものである：

（1）光学的収差を利用したシックネスサーボシステムを提供すること、あるいは厚みムラ補正機能（シックネスサーボ）として要求される残留偏差量を規定することで安定かつ信頼性の高い情報再生装置もしくは情報記録再生装置を提供すること；

（2）光学的収差を利用した情報媒体透明保護層の厚みムラ検出システムを提供すること、あるいは透明層の厚みを規定された範囲内に制限することにより情報再生装置もしくは情報記録再生装置での厚みムラ補正機能（シックネスサーボ）の高い安定性と高い信頼性を確保することを可能とするための、透明層の厚み測定方法を提供すること；

（3）片面1層の情報記録層（リードオンリー層またはリードライト層）が透明保護層により保護された情報媒体を提供すること、あるいは透明層の厚みを規定された範囲内に制限することにより情報再生装置もしくは情報記録再生装置での厚みムラ補正機能（シックネスサーボ）の高い安定性と高い信頼性を確保することを可能とする情報媒体を提供すること；

（4）片面2層の情報記録層（各層がリードオンリー層またはリードライト層）が透明保護層により保護された情報媒体を提供すること、あるいは大きな開口数（たとえばNAが0.65以上）の対物レンズを使った場合で

も片面2層構造を有した情報媒体に対する安定した再生もしくは記録を保証し、または情報媒体の表面から各層の光反射層または記録層までの厚み精度を緩くして情報媒体の製造歩留まりを向上させ媒体価格を低下させること；

（5）光学的収差を利用したレンズ制御方法およびこの方法を用いた光学ヘッドを提供すること、あるいはフォーカシングサーボループとシックネスサーボループを完全に独立させたレンズ制御方法およびこの方法を用いた光学ヘッドを提供すること；

（6）収差状況検出方法およびこの方法を利用したチルトサーボを提供すること、あるいはコマ収差状況の検出方法およびこの方法を利用して光ディスク（情報媒体）の半径方向および／または円周方向の反りなどの影響を抑制するチルトサーボを提供すること；

（7）収差検出光学系および差分プッシュプル信号処理系を持つ光学ヘッドおよびこの光学ヘッドを用いたサーボシステム（または装置）を提供すること、あるいはシックネスサーボおよび／またはチルトサーボのための収差検出光学系と差動プッシュプル（DPP）法を用いたトラッキングサーボのための光学系とを兼用させて光学ヘッドの製品コストを抑えること；

（8）収差検出光学系およびクロストークキャンセル処理系を持つ光学ヘッドおよびこの光学ヘッドを用いたサーボシステム（または装置）を提供すること、あるいはシックネスサーボおよび／またはチルトサーボのための収差検出光学系とクロストークキャンセラ（CTC）のための光学系とを兼用させて光学ヘッドの製品コストを抑えることである。

【0048】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、この発明に係るサーボシステム（または装置）では、

*透明層の厚みムラに対しては、球面収差成分のRMS（Root Mean Square）値を利用して情報再生装置もしくは情報記録再生装置における厚みムラ補正機能（シックネスサーボ：Thickness Servo）の特性を規定し（透明層厚みムラ補正の残留偏差量を所定値以下に制御する）、

*マレシャルの評価基準（Marechal criterion）を利用して厚みムラ補正機能（シックネスサーボ）の許容残留偏差量を規定（使用光の波長を λ としたときに、透明厚みムラ補正の残留偏差量を 0.07λ rms以下に制御）し、あるいは

*上記厚みムラ補正機能（シックネスサーボ）の許容残留偏差量および情報再生装置もしくは情報記録再生装置で設定されるシックネスサーボのサーボループゲインGから、情報媒体の透明層の許容厚みムラ範囲を設定している（使用光の波長を λ としたときに、透明厚みムラ補正の残留偏差量を 0.07λ rms \times G以下に制御す

る)。

【0049】別の言い方をすると、上記目的を達成するために、この発明に係るサーボシステム（または装置）では、

- ・NAがたとえば0.65を越える対物レンズを使い、情報媒体（片面1層または2層構造を有した光ディスク）に対する再生もしくは記録を行う場合には透明層の厚みムラ補正（シックネスサーボ）機能を働かせ、

- ・安定かつ信頼性の高い再生あるいは記録を保証するために、情報媒体（片面1層または2層構造を有した光ディスク）に対する厚みムラ補正（シックネスサーボ）の残留偏差量を0.07λrms以下（シックネスサーボのサーボゲインがGの場合は0.07λrms×G以下）に規定し、あるいは

- ・安定かつ信頼性の高い厚みムラ補正（シックネスサーボ）を確保するために、厚みムラ補正（シックネスサーボ）のサーボゲインG（Gは1以上；たとえばG=2～10000）も考慮して、情報媒体の表面から各層（1層または2層）の光反射層または記録層までの厚み精度を規定する（シックネスサーボの残留偏差量を0.07λrms×G以下に規定する）。

【0050】<1A>より具体的には、この発明のサーボシステムは、厚みムラあるいは屈折率ムラを伴ない得る透明層で覆われた記録層または光反射層を持つ情報媒体（100）から、前記記録層または光反射層に記録された情報を再生する場合、または前記記録層に対して情報の記録再生を行う場合に利用されるものであって、光源（10）からの波長λの光（LB）を情報媒体（100）の記録面上に集光させる送光系（20～60）、前記情報媒体（100）からの前記波長λの光（LB）を検出する検出光学系（30～90A）、および前記送光系（20～60）により前記情報媒体（100）の記録面上に集光された前記波長λの光の光学的収差量が小さくなるようなサーボ系（シックネスサーボ系）を備え、前記光学的収差量を小さくするサーボ系が動作した結果としての前記光学的収差量の残留偏差量が、0.07λrms以下に保たれるように構成される。

【0051】<1B>あるいは、この発明のサーボシステムは、厚みムラあるいは屈折率ムラを伴ない得る透明層で覆われた記録層または光反射層を持つ情報媒体（100）から、前記記録層または光反射層に記録された情報を再生する場合、または前記記録層に対して情報の記録再生を行う場合に利用されるものであって、光源（10）からの波長λの光（LB）を情報媒体（100）の記録面上に集光させる送光系（20～60）、前記情報媒体（100）からの前記波長λの光（LB）を検出する検出光学系（30～90A）、および前記送光系（20～60）により前記情報媒体（100）の記録面上に集光された前記波長λの光の光学的収差量が小さくなるようなサーボ系（シックネスサーボ系）を備え、前記光

学的収差量を小さくするサーボ系のサーボゲインがGであるときに、このサーボ系が動作した結果としての前記光学的収差量の残留偏差量が、0.07λrms×G以下に保たれるように構成される。

【0052】<1C>あるいは、この発明のサーボシステムは、厚みムラを伴ない得る透明層で覆われた記録層または光反射層に対向する対物レンズ（60）と、前記対物レンズ（60）および前記透明層を介して前記記録層または光反射層にレーザビームを供給するレーザ光源（10）と、前記記録層または光反射層で反射された前記レーザビームを前記透明層および前記対物レンズ（60）を介して検知する光検出器（90）と、前記レーザ光源（10）から前記記録層または光反射層までの間のレーザビーム光路に設けられ、前記透明層の厚みムラに起因する前記対物レンズ（60）の光学的収差を補正する厚みムラ補正手段（50～54）とを備え、前記光検出器（90）で前記厚みムラに対応する収差量を検出し、検出された前記収差量が小さくなるように前記厚みムラ補正手段（50～54）を動作させる帰還ループを構成している。

【0053】<1D>あるいは、この発明のサーボシステムは、厚みムラあるいは屈折率ムラを伴ない得る透明層で覆われた記録層または光反射層に対向する対物レンズ（60）と、前記対物レンズ（60）および前記透明層を介して前記記録層または光反射層に波長λのレーザビームを供給するレーザ光源（10）と、前記記録層または光反射層で反射された前記レーザビームを前記透明層および前記対物レンズ（60）を介して検知する光検出器（90）と、前記レーザ光源（10）から前記記録層または光反射層までの間のレーザビーム光路に設けられ、前記透明層の厚みムラあるいは屈折率ムラに起因する前記対物レンズ（60）の光学的収差を補正する厚みムラ補正手段（50～54）とを備え、前記光検出器（90）で前記厚みムラあるいは屈折率ムラに対応する収差量を検出し、検出された前記収差量が小さくなるように前記厚みムラ補正手段（50～54）を動作させる帰還ループにおいて、前記帰還ループの動作収束点において残留するところの光学的収差量の残留偏差量を、0.07λrms以下に保つように構成される。

【0054】<1E>あるいは、この発明のサーボシステムは、厚みムラあるいは屈折率ムラを伴ない得る透明層で覆われた記録層または光反射層に対向する対物レンズ（60）と、前記対物レンズ（60）および前記透明層を介して前記記録層または光反射層に波長λのレーザビームを供給するレーザ光源（10）と、前記記録層または光反射層で反射された前記レーザビームを前記透明層および前記対物レンズ（60）を介して検知する光検出器（90）と、前記レーザ光源（10）から前記記録層または光反射層までの間のレーザビーム光路に設けられ、前記透明層の厚みムラあるいは屈折率ムラに起因す

15

る前記対物レンズ(60)の光学的収差を補正する厚みムラ補正手段(50~54)とを備え、前記光検出器(90)で前記厚みムラあるいは屈折率ムラに対応する収差量を検出し、検出された前記収差量が小さくなるように前記厚みムラ補正手段(50~54)を動作させるものであって、1より大きいサーボゲインG(2~1万)を持つ帰還ループにおいて、前記帰還ループの動作収束点において残留するところの光学的収差量の残留偏差量を、 $0.07\lambda_{rms} \times G$ 以下に保つように構成される。

【0055】<1F>あるいは、この発明のサーボシステムは、厚みムラを伴ない得る透明層で覆われた記録層または光反射層に対向する対物レンズ(60)と、前記対物レンズ(60)および前記透明層を介して前記記録層または光反射層にレーザビームを供給するレーザ光源(10)と、前記対物レンズ(60)と前記レーザ光源(10)との間に設けられ、前記記録層または光反射層へのレーザビームにサブビームを生成させるホログラム素子(20A)と、前記記録層または光反射層で反射された前記レーザビームを前記透明層および前記対物レンズ(60)を介して検知する光検出器(90)と、前記レーザ光源(10)から前記記録層または光反射層までの間のレーザビーム光路に設けられ、前記透明層の厚みムラに起因する前記対物レンズ(60)の光学的収差を補正する厚みムラ補正手段(50~54)とを備え、前記光検出器(90)で前記記録面上における前記サブビームのスポット変化を検出することで前記厚みムラに対応する収差量を検出し、検出された前記収差量が小さくなるように前記厚みムラ補正手段(50~54)を動作させる帰還ループを構成している。

【0056】<1G>この発明のサーボシステムは、前記透明層で覆われた記録層または光反射層を持つ光ディスク(100)に対して情報の記録または再生を行う光ディスク装置に組み込むことができる。

【0057】<1H>あるいは、この発明のサーボシステムは、前記透明層で覆われた記録層または光反射層を持つ光ディスク(100)に対して情報の記録または再生を行うものであって、前記対物レンズ、前記厚みムラ補正手段(50~54)、および前記レーザ光源(10)を含む光学ヘッドを備えた光ディスク装置に組み込むことができる。

【0058】また、上記目的を達成するために、この発明に係るシステム(または方法)では、
*干渉計の原理を用いて情報媒体上に集光後に反射した光の波面収差量を測定し、その収差量を換算して透明層の厚みムラ量を測定している。

【0059】<2A>より具体的には、この発明の方法では、厚みムラ(δd)を伴ない得る透明層で覆われた記録層または光反射層に前記透明層を介して集束光を照射(レーザ光源1000~対物レンズ1008)し、前

16

記記録層または光反射層で反射された光の収差量($W_{c rms}$)を計測し(CCDモニタ1012、波面収差アナライザ1014)、計測された収差量($W_{c rms}$)から前記透明層の厚み(透明層厚の基準値 $100\mu m + \delta d$ または $100\mu m - \delta d$)を求めるようにしている。

【0060】<2B>あるいは、この発明の方法では、所定の標準ディスクで校正された試験装置(図20)に厚みムラ(δd)を伴ない得る透明層を持つ試験ディスク(100)をセットし(ST202)、セットされた試験ディスク透明層の波面収差または球面収差に対応する収差量($W_{c rms}$)を計測し(ST208)、計測された収差量($W_{c rms}$)を試験ディスク透明層の厚みムラ(δd)に換算している(ST210、ST212; 図21のグラフまたは式(8))。

【0061】<2C>あるいは、この発明の方法では、ディスクの記録層または光反射層上の透明層厚みムラの影響を抑制するシックネスサーボ系を持つ試験装置(図22)を所定の標準ディスクで校正し(ST100)、校正された試験装置(図22)に厚みムラ(δd)を伴ない得る透明層を持つ試験ディスク(100)をセットし(ST102)、前記試験ディスクの記録層または光反射層からの反射光を受けつつ前記シックネスサーボが安定するまで待機し(ST108)、前記シックネスサーボが安定したときの残留偏差を検出し(ST110)、検出された残留偏差から前記試験ディスクの透明層厚みムラを測定している(ST112)。

【0062】<2D>あるいは、この発明の方法では、記録層または光反射層が透明層で覆われた情報媒体(100)の記録層または光反射層へ光学的収差(球面収差および/またはコマ収差)が与えられた集束光を送り(ST308)、前記記録層または光反射層で反射された集束光に対応する再生信号(シックネスサーボの残留偏差および/または図15~図18の縦軸信号)から前記透明層の収差状況(ST310の球面収差対応データおよび/またはST312のコマ収差対応データ)を検出している。

【0063】<2E>あるいは、この発明の方法では、ディスクのそりの影響を抑制するチルトサーボ系を持つ試験装置(図19)を、所定の標準ディスクで校正し(ST300)、校正された試験装置(図19)に試験ディスク(100)をセットし(ST302)、前記試験ディスクの記録層または光反射層からの反射光を受けつつ前記チルトサーボが安定するまで待機し(ST308)、前記チルトサーボの検出信号(ウォブル検出信号)から前記試験ディスクのそりに対応した情報(コマ収差対応データ)を取得している(ST312)。

【0064】また、上記目的を達成するために、この発明に係る情報媒体(片面1層光ディスク)では、透明層の屈折率とその厚みとの組み合わせで決まる範囲を特定している。

【0065】＜3A＞具体的には、この発明の情報媒体は、所定範囲内（1.47～1.67）の屈折率 n および所定範囲の厚み μm （ $\pm \delta d$ ）を伴い得る所定の厚み d （公称100 μm ）を持つ透明層で保護された記録層または光反射層を持つ。

【0066】ここで、前記透明層の屈折率 n および厚み d の関係が、以下の4点で囲まれる範囲内で定義される：

- (1) $n=1.47$ 、 $d=110\mu m$ ；
- (2) $n=1.67$ 、 $d=110\mu m$ ；
- (3) $n=1.67$ 、 $d=90\mu m$ ；
- (4) $n=1.47$ 、 $d=90\mu m$ 。

【0067】＜3B＞あるいは、この発明の情報媒体は、所定範囲内（1.57～1.67）の屈折率 n および所定範囲の厚み μm （ $\pm \delta d$ ）を伴い得る所定の厚み d （公称100 μm ）を持つ透明層で保護された記録層または光反射層を持つ。

【0068】ここで、前記透明層の屈折率 n および厚み d の関係が、以下の6点で囲まれる範囲内で定義される：

- (1) $n=1.57$ 、 $d=115\mu m$ ；
- (2) $n=1.62$ 、 $d=110\mu m$ ；
- (3) $n=1.67$ 、 $d=110\mu m$ ；
- (4) $n=1.67$ 、 $d=90\mu m$ ；
- (5) $n=1.62$ 、 $d=90\mu m$ ；
- (6) $n=1.57$ 、 $d=95\mu m$ 。

【0069】＜3C＞あるいは、この発明の情報媒体は、所定範囲内（1.42～1.72）の屈折率 n および所定範囲の厚み μm （ $\pm \delta d$ ）を伴い得る所定の厚み d （公称100 μm ）を持つ透明層で保護された記録層または光反射層を持つ。

【0070】ここで、前記透明層の屈折率 n および厚み d の関係が、以下の6点で囲まれる範囲内で定義される：

- (1) $n=1.42$ 、 $d=186\mu m$ ；
- (2) $n=1.57$ 、 $d=160\mu m$ ；
- (3) $n=1.72$ 、 $d=160\mu m$ ；
- (4) $n=1.72$ 、 $d=40\mu m$ ；
- (5) $n=1.57$ 、 $d=40\mu m$ ；
- (6) $n=1.42$ 、 $d=66\mu m$ 。

【0071】＜3D＞この発明の情報媒体において、前記透明層は、ポリカーボネート、アクリル、またはカーボンで構成できる。

【0072】＜3E＞また、この発明の情報媒体において、前記透明層の厚み d の基準値は、公称100 μm とすることができる。

【0073】＜3F＞さらに、この発明の情報媒体が、前記透明層を介して前記記録層または光反射層に所定波長（たとえば $\lambda=405nm$ ）のコヒーレント光を導く対物レンズ（60）と前記透明層の厚み μm またはその

屈折率 μm に起因する前記対物レンズ（60）の光学的収差の影響を抑制するシックネスサーボ系（500）を含む装置（図6、図13または図14）で用いられることが想定されている場合において、前記透明層の厚み μm を δd とし、前記透明層の屈折率を n とし、前記対物レンズの開口数を NA とし、前記シックネスサーボ系のサーボゲインを G とし、前記シックネスサーボ系のサーボ動作による前記光学的収差の補正機能を $W_{c rms}$ （図21）で表したときに、前記厚み μm の大きさ（ $\pm \delta d$ ）が、 $\{ [0.94 \times 8 \cdot n^3] / [0.07 \times (n^2 - 1) \times (NA)^4] \} \times (G \cdot W_{c rms})$ に相当する値以下となるように管理される。

【0074】＜3G＞さらに、この発明の情報媒体は、波長 λ が650nmないし400nmの範囲にあるコヒーレント光を前記透明層を介して前記記録層または光反射層に照射するように構成された装置（図6、図13または図14）で用いられる。

【0075】＜3H＞さらに、この発明の情報媒体を用いる装置（図6、図13または図14）は、前記透明層を介して前記記録層または光反射層に前記コヒーレント光を導く対物レンズ（60）を含み、この対物レンズ（60）の開口数 NA が、0.6ないし0.9の範囲、より好ましくは0.65ないし0.85の範囲から選択される。

【0076】＜3I＞さらに、この発明の情報媒体は、所定範囲内の屈折率 n および所定範囲の厚み μm （ $\pm \delta d$ ）を伴い得る所定の厚み d （公称100 μm ）を持つ透明層で保護された記録層または光反射層を持ち、前記透明層を介して前記記録層または光反射層に所定波長

（たとえば $\lambda=405nm$ ）のコヒーレント光を導く対物レンズ（60）と前記透明層の厚み μm またはその屈折率 μm に起因する前記対物レンズ（60）の光学的収差の影響を抑制するシックネスサーボ系（500）を含む装置（図6、図13または図14）で用いられることが想定されている。この場合において、前記透明層の厚み μm を δd とし、前記透明層の屈折率を n とし、前記対物レンズの開口数を NA とし、前記シックネスサーボ系のサーボゲインを G とし、前記シックネスサーボ系のサーボ動作による前記光学的収差の補正機能を $W_{c rms}$ （図21）で表したときに、前記厚み μm の大きさ（ $\pm \delta d$ ）が、 $\{ [0.94 \times 8 \cdot n^3] / [0.07 \times (n^2 - 1) \times (NA)^4] \} \times (G \cdot W_{c rms})$ に相当する値以下となるように管理される。

【0077】また、上記目的を達成するために、この発明に係る情報媒体（片面2層光ディスク）では、透明層の屈折率とその厚みとの組み合わせで決まる範囲を特定している。

【0078】＜4A＞具体的には、この発明の情報媒体は、第1の記録層または光反射層と、透明なスペース層を介して前記第1の記録層または光反射層に積層された

19

第2の記録層または光反射層とを持ち、前記第1の記録層または光反射層上に、所定範囲内の屈折率 n および所定範囲の厚み μ を伴い得る所定の厚み d を持つ透明層が設けられる。

【0079】ここで、前記所定の厚み d (公称 $100\mu\text{m}$) は前記透明層の表面から前記スペース層の中間までの長さを示し、前記透明層の屈折率 n および厚み d の関係が、以下の4点で囲まれる範囲内で定義される：

- (1) $n=1.47$ 、 $d=115\mu\text{m}$ ；
- (2) $n=1.67$ 、 $d=115\mu\text{m}$ ；
- (3) $n=1.67$ 、 $d=85\mu\text{m}$ ；
- (4) $n=1.47$ 、 $d=85\mu\text{m}$ 。

【0080】<4B>あるいは、この発明の情報媒体は、第1の記録層または光反射層と、透明なスペース層を介して前記第1の記録層または光反射層に積層された第2の記録層または光反射層とを持ち、前記第1の記録層または光反射層上に、所定範囲内の屈折率 n および所定範囲の厚み μ を伴い得る所定の厚み d を持つ透明層が設けられる。

【0081】ここで、前記所定の厚み d (公称 $100\mu\text{m}$) は前記透明層の表面から前記スペース層の中間までの長さを示し、前記透明層の屈折率 n および厚み d の関係が、以下の6点で囲まれる範囲内で定義される：

- (1) $n=1.57$ 、 $d=120\mu\text{m}$ ；
- (2) $n=1.62$ 、 $d=115\mu\text{m}$ ；
- (3) $n=1.67$ 、 $d=115\mu\text{m}$ ；
- (4) $n=1.67$ 、 $d=85\mu\text{m}$ ；
- (5) $n=1.62$ 、 $d=85\mu\text{m}$ ；
- (6) $n=1.57$ 、 $d=90\mu\text{m}$ 。

【0082】<4C>あるいは、この発明の情報媒体は、第1の記録層または光反射層と、透明なスペース層を介して前記第1の記録層または光反射層に積層された第2の記録層または光反射層とを持ち、前記第1の記録層または光反射層上に、所定範囲内の屈折率 n および所定範囲の厚み μ を伴い得る所定の厚み d を持つ透明層が設けられる。

【0083】ここで、前記所定の厚み d (公称 $100\mu\text{m}$) は前記透明層の表面から前記スペース層の中間までの長さを示し、前記透明層の屈折率 n および厚み d の関係が、以下の6点で囲まれる範囲内で定義される：

- (1) $n=1.42$ 、 $d=229\mu\text{m}$ ；
- (2) $n=1.57$ 、 $d=190\mu\text{m}$ ；
- (3) $n=1.72$ 、 $d=190\mu\text{m}$ ；
- (4) $n=1.72$ 、 $d=10\mu\text{m}$ ；
- (5) $n=1.57$ 、 $d=10\mu\text{m}$ ；
- (6) $n=1.42$ 、 $d=49\mu\text{m}$ 。

【0084】<4D>この発明の情報媒体において、前記透明層は、ポリカーボネート、アクリル、またはカートンで構成できる。

【0085】<4E>また、この発明の情報媒体におい

20

て、前記透明層の厚み d の基準値は、公称 $100\mu\text{m}$ とすることができる。

【0086】<4F>さらに、この発明の情報媒体が、前記透明層を介して前記第1の記録層または光反射層もしくは前記第2の記録層または光反射層に所定波長（たとえば $\lambda=405\text{nm}$ ）のコヒーレント光を導く対物レンズ（60）と前記透明層の厚み μ またはその屈折率 μ に起因する前記対物レンズ（60）の光学的収差の影響を抑制するシクネスサーボ系（500）を含む装置（図6、図13または図14）で用いられることが想定されている場合において、前記透明層の厚み μ を δd とし、前記透明層の屈折率を n とし、前記対物レンズの開口数を NA とし、前記シクネスサーボ系のサーボゲインを G とし、前記シクネスサーボ系のサーボ動作による前記光学的収差の補正機能を W_{crms} （図21）で表したときに、前記厚み μ δd の大きさ（ $\pm \delta d$ ）が、 $\{ [0.94 \times 8 \cdot n^3] / [0.07 \times (n^2 - 1) \times (NA)^4] \} \times (G \cdot W_{\text{crms}})$ に相当する値以下となるように管理される。

【0087】<4G>さらに、この発明の情報媒体は、波長 λ が 650nm ないし 400nm の範囲にあるコヒーレント光を、前記透明層を介して、前記第1の記録層または光反射層もしくは前記第2の記録層または光反射層に照射するように構成された装置（図6、図13または図14）で用いられる。

【0088】<4H>さらに、この発明の情報媒体を用いる装置（図6、図13または図14）は、前記透明層を介して前記記録層または光反射層に前記コヒーレント光を導く対物レンズ（60）を含み、この対物レンズ（60）の開口数 NA が、 0.6 ないし 0.9 の範囲、より好ましくは 0.65 ないし 0.85 の範囲から選択される。

【0089】<4I>さらに、この発明の情報媒体は、所定範囲内の屈折率 n および所定範囲の厚み μ （ $\pm \delta d$ ）を伴い得る所定の厚み d （公称 $100\mu\text{m}$ ）を持つ透明層で保護された第1の記録層または光反射層と、前記透明層と反対側の前記第1の記録層または光反射層上に透明なスペース層を介して積層された第2の記録層または光反射層とを持ち、前記透明層を介して前記第1の記録層または光反射層もしくは前記第2の記録層または光反射層に所定波長（たとえば $\lambda=405\text{nm}$ ）のコヒーレント光を導く対物レンズ（60）と、前記透明層の厚み μ またはその屈折率 μ に起因する前記対物レンズ（60）の光学的収差の影響を抑制するシクネスサーボ系（500）を含む装置（図6、図13または図14）で用いられることが想定されている。この場合において、前記透明層の厚み μ を δd とし、前記透明層の屈折率を n とし、前記対物レンズの開口数を NA とし、前記シクネスサーボ系のサーボゲインを G とし、前記シクネスサーボ系のサーボ動作による前記光学的収差

の補正機能を $W_{c rms}$ (図21)で表したときに、前記厚み $\mu \delta d$ の大きさ $(\pm \delta d)$ が、 $\{ [0.94 \times 8 \cdot n^3] / [0.07 \times (n^2 - 1) \times (NA)^4] \} \times (G \cdot W_{c rms})$ に相当する値以下となるように管理される。

【0090】<4J>さらに、厚みムラあるいは屈折率ムラを伴ない得る透明層で覆われた記録層または光反射層を持つ情報媒体(100)から、前記記録層または光反射層に記録された情報を再生する場合、または前記記録層に対して情報の記録再生を行う場合に利用されるこの発明の装置(光学ヘッド、ディスクドライブまたはレコーダ/プレーヤ)は、光源(10)からの光(LB)を情報媒体(100)の記録面上に集光させる送光系(20~60)、前記情報媒体(100)からの前記光(LB)を検出する検出光学系(30~90A)、および前記送光系(20~60)により前記情報媒体(100)の記録面上に集光された前記光の光学的収差を補正する収差補正手段(50、52)を備えている。

【0091】そして、前記記録層または光反射層に記録された情報を再生する場合、または前記記録層に対して情報の記録再生を行う場合において、前記収差補正手段(50、52)による前記光学的収差の補正が行われる。

【0092】また、上記目的を達成するために、この発明に係る装置では、光学的収差量(球面収差量)と焦点ぼけ量をそれぞれ独自に検出して、それらの補正制御を行うように構成される。

【0093】<5A>具体的には、この発明の装置(光学ヘッド、ディスクドライブまたはレコーダ/プレーヤ)は、情報媒体(100)に記録された情報を再生する場合または情報媒体(100)に対して情報の記録再生を行う場合に利用されるものであって、光源(10)からの光(LB)を情報媒体(100)の記録面上に集光させる送光系(20~60)および前記情報媒体(100)からの光(LB)を検出する検出光学系(30~90A)を備え、前記送光系(20~60)により前記情報媒体(100)の記録面上に集光された光の球面収差状況(図8)および焦点ぼけ状況を、それぞれ独立に検出するように構成される(図10)。

【0094】<5B>また、この発明の装置は、厚みムラを伴ない得る透明層で覆われた記録層または光反射層に対向する対物レンズ(60)と；前記対物レンズ(60)および前記透明層を介して前記記録層または光反射層にレーザビームを供給するレーザ光源(10)と；前記記録層または光反射層で反射された前記レーザビームを前記透明層および前記対物レンズ(60)を介して検知する光検出器(90A)と；前記レーザ光源(10)から前記記録層または光反射層までの間のレーザビーム光路に設けられ、前記透明層の厚みムラに起因する前記対物レンズ(60)の球面収差を補正する厚みムラ補正

手段(50~54)と；前記対物レンズ(60)により前記記録層または光反射層上に形成される前記レーザビームのビームスポットの焦点ぼけを補正する焦点ぼけ補正手段(60、62)と；前記光検出器(90A)で前記情報媒体(100)の記録面上に集光された光スポットの焦点ぼけ量を検出し、検出された焦点ぼけ量が小さくなるように前記焦点ぼけ補正手段(60、62)を動作させるフォーカシングサーボ系(600)と；前記光検出器(90A)で前記厚みムラに対応する球面収差量を検出し、検出された前記球面収差量が小さくなるように前記厚みムラ補正手段(50~54)を動作させるものであって、前記フォーカシングサーボ系(600)のサーボループから独立したサーボループを持つシックネスサーボ系(500)とで構成することもできる。

【0095】<5C>また、この発明の装置は、前記シックネスサーボ系(500)のサーボループおよび前記フォーカシングサーボ系(600)のサーボループから独立したサーボループを持つトラッキングサーボ系(400)をさらに備えることができる。

【0096】この場合、前記シックネスサーボ系の動作により前記球面収差量が抑えられ前記フォーカシングサーボ系の動作により前記焦点ぼけ量が抑えられた前記ビームスポットが、前記記録層または光反射層の所定位置上を移動するように、前記トラッキングサーボ系が動作する。

【0097】また、上記目的を達成するために、この発明に係る装置では、情報媒体の透明層の厚みムラ等により生じる波面収差(球面収差)の発生状況を検出するように構成される。

【0098】<6A>具体的には、この発明の装置(図20)は、光源(1000)からの光を情報媒体(100)の記録面上に集光させる送光系(1002~1008)と、前記情報媒体(100)からの光を検出する検出光学系(1004~1012)と、前記検出光学系(1004~1012)での検出結果から、前記送光系(1002~1008)により前記情報媒体(100)の記録面上に集光された光の波面収差または球面収差の発生状況(図21)を検出する手段(1014)とで構成できる。

【0099】<6B>また、この発明の装置(光学ヘッド、ディスクドライブまたはレコーダ/プレーヤ)は、光源(10)からの光(LB)に光学的収差を与えて情報媒体(100)の記録面上に集光させる送光系(20~60)と、前記情報媒体(100)からの光(LB)を検出する検出光学系(30~90)とを具備し、前記検出光学系(30~90)による検出結果から、前記送光系(20~60)により前記情報媒体(100)の記録面上に集光された光の光学的収差状況(図9、図15~図18)を検出するように構成(図6、図13、図14)できる。

23

【0100】＜6C＞あるいは、この発明の装置（光学ヘッド、ディスクドライブまたはレコーダ／プレーヤ）は、光源（10）からの光（LB）に球面収差を与えて情報媒体（100）の記録面上に集光させる送光系（20A～60）と、前記情報媒体（100）からの光（LB）を検出する検出光学系（30～90A）とを具備し、前記検出光学系（30～90A）による検出結果から、前記送光系（20A～60）により前記情報媒体（100）の記録面上に集光された光の球面収差状況（図9）を検出するように構成（図6）できる。

【0101】＜6D＞この発明の装置で用いられる情報媒体の記録面上に集光される前記光（LB）の集光スポットのサイズは、前記球面収差の量に応じて変化するものであり（図5、図9）、前記球面収差状況（図9）は、前記球面収差の量（図9の横軸）とこの球面収差の量に対応して変化する前記集光スポットのサイズ（図9の右側縦軸）との関係を含む。

【0102】＜6E＞あるいは、この発明の装置で用いられる情報媒体の記録面上に集光される前記光（LB）の集光スポットの中心強度は、前記球面収差の量に応じて変化するものであり（図5、図9）、前記球面収差状況（図9）は、前記球面収差の量（図9の横軸）とこの球面収差の量に対応して変化する前記集光スポットの中心強度（図9の左側縦軸）との関係を含む。

【0103】＜6F＞ここで、この発明の装置で用いられる前記光（LB）の波長を λ としたときに、前記球面収差の量（図9の横軸）は、 0.2λ ないし 0.8λ の範囲、好ましくは $0.3\lambda \sim 0.7\lambda$ の範囲、より好ましくは $0.4\lambda \sim 0.6\lambda$ の範囲にほぼ収まるように選択される（範囲選択の指針の1つとして、収差量増大に対する集光スポット中心強度の低下の度合いと、収差量変化に対する集光スポットサイズの変化率の大きさとのバランスを考慮することが挙げられる）。

【0104】＜6G＞また、この発明の装置（光学ヘッド、ディスクドライブまたはレコーダ／プレーヤ）は、光源（10）からの光（LB）にコマ収差を与えて情報媒体（100）の記録面上に集光させる送光系（20B～60）と、前記情報媒体（100）からの光（LB）を検出する検出光学系（30～90B）とを具備し、前記検出光学系（30～90B）による検出結果から、前記送光系（20B～60）により前記情報媒体（100）の記録面上に集光された光のコマ収差状況（図15～図18）を検出するように構成（図13、図14）できる。

【0105】＜6H＞この発明の装置では、前記コマ収差状況（図15～図18）から、前記情報媒体（100）のそり量（図15～図18の横軸）に対応したそり量対応信号（図15～図18の縦軸）が検出されるように構成（図13、図14）できる。

【0106】＜6I＞また、この発明の装置（光学ヘッ

24

ド、ディスクドライブまたはレコーダ／プレーヤ）は、前記送光系（20B～60）から前記情報媒体（100）の記録面に入射する前記光の傾きを調整するチルト補正手段（72）と、前記そり量対応信号（図15～図18の縦軸）に基づいて、前記光（対物レンズ中央を通過するレーザビーム）が前記記録面に対して垂直に入射するように前記チルト補正手段（72）を動作させるチルトサーボ系（700）とをさらに備えて構成（図13、図14）できる。

【0107】また、上記目的を達成するために、この発明に係る装置では、収差検出用光学系とDPP（差動プッシュプル）用光学系を兼用するように構成される。

【0108】＜7A＞具体的には、この発明の装置（光学ヘッド、ディスクドライブまたはレコーダ／プレーヤ）は、情報媒体（100）上に同心円状または螺旋状に形成されるトラックに沿って記録された情報を集束光を用いて再生し、あるいは情報媒体（100）上に同心円状または螺旋状に形成されるトラックに沿って情報を集束光を用いて記録するものであって、光源（10）

と、この光源（10）からの光（LB）を前記情報媒体（100）の記録面上で複数の集光位置に集光させるための光分割機能を有した光学素子（ホログラム素子20A）と、この光学素子（20A）からの光（LB）を前記情報媒体（100）の記録面上の複数の集光位置に集光する送光系（30～60）と、前記情報媒体（100）を経た前記光（LB）を検出する検出光学系（30～90A）とを備え、前記検出光学系（30～90A）から、前記情報媒体（100）の記録面上における前記集束光と前記トラックとの間の相対的位置ずれ（トラックずれ）に対応した信号（図7の差動プッシュプルDPP信号）を検出するように構成できる。

【0109】＜7B＞あるいは、この発明の装置（光学ヘッド、ディスクドライブまたはレコーダ／プレーヤ）は、コヒーレントな光（LB）を出力する光源（10）と；前記光（LB）からメインビームおよびサブビームを作り出す光分割機能を有した光学素子（ホログラム素子20A）と；前記メインビームおよびサブビームを、厚みムラを伴ない得る透明層で覆われた記録層または光反射層に送り、この記録層または光反射層の記録面上に集光させる送光系（30～60）と；前記記録面で反射された前記メインビームを検出するメインビーム検出用セル（92）および前記記録面で反射された前記サブビームを検出するサブビーム検出用セル（94、96）を含む検出光学系（30～90A）と；前記光源（10）から前記記録面までの間の光路に設けられ、前記透明層の厚みムラによる光学的収差を補正する厚みムラ補正手段（50～54）と；前記サブビーム検出用セル（94、96）の検出信号に基づいて、前記透明層の厚みムラによる光学的収差の影響が小さくなるように前記厚みムラ補正手段（50～54）を動作させるシクネスサ

25

ーボ系(500)と;前記記録面上における前記メインビームの位置ずれ(トラックずれ)を補正する位置ずれ補正手段(64)と;前記メインビーム検出用セル(92)の検出信号に基づいて、前記メインビームの位置ずれの影響が小さくなるように前記位置ずれ補正手段(64)を動作させるトラッキングサーボ系(400)とを備え、前記トラッキングサーボ系(400)が、前記サブビーム検出用セル(94、96)の検出信号(DPP信号)を、前記メインビーム検出用セル(92)の検出信号とともに利用して、前記メインビームの位置ずれの影響が小さくなるように前記位置ずれ補正手段(64)を動作させるように構成できる。

【0110】<7C>あるいは、この発明の装置(光学ヘッド、ディスクドライブまたはレコーダ/プレーヤ)は、コヒーレントな光(LB)を出力する光源(10)と;前記光(LB)から、0次のメインビーム、+1次のサブビームおよび-1次のサブビームを作り出すホログラム素子(20A)と;前記0次のメインビーム、+1次のサブビームおよび-1次のサブビームを、厚みムラを伴ない得る透明層で覆われた記録層または光反射層に送り、この記録層または光反射層の記録面上に集光させる送光系(30~60)と;前記記録面で反射された前記0次のメインビームを検出するメインビーム検出用セル(92)、前記記録面で反射された前記+1次のサブビームを検出する第1のサブビーム検出用セル(94)、および前記記録面で反射された前記-1次のサブビームを検出する第2のサブビーム検出用セル(96)を含む検出光学系(30~90A)と;前記光源(10)から前記記録面までの間の光路に設けられ、前記透明層の厚みムラによる光学的収差を補正する厚みムラ補正手段(50~54)と;前記第1のサブビーム検出用セル(94)および前記第2のサブビーム検出用セル

(96)の検出信号に基づいて、前記透明層の厚みムラによる光学的収差の影響が小さくなるように前記厚みムラ補正手段(50~54)を動作させるシックネスサーボ系(500)と;前記記録面上における前記メインビームの位置ずれ(トラックずれ)を補正する位置ずれ補正手段(64)と;前記メインビーム検出用セル(92)の検出信号に基づいて、前記メインビームの位置ずれの影響が小さくなるように前記位置ずれ補正手段(64)を動作させるトラッキングサーボ系(400)とを備え、前記トラッキングサーボ系(400)が、前記第1のサブビーム検出用セル(94)および前記第2のサブビーム検出用セル(96)のうち少なくとも一方の検出信号(DPP信号)を、前記メインビーム検出用セル(92)の検出信号とともに利用して、前記メインビームの位置ずれの影響が小さくなるように前記位置ずれ補正手段(64)を動作させるように構成できる。

【0111】また、上記目的を達成するために、この発明に係る装置では、収差検出用光学系とCTC(クロス

26

トークキャンセル)用光学系を兼用するように構成される。

【0112】<8A>具体的には、この発明の装置(光学ヘッド、ディスクドライブまたはレコーダ/プレーヤ)は、情報媒体(100)上に同心円状または螺旋状に形成されるトラックに沿って記録された情報を集束光を用いて再生するものであって、光源(10)と、この光源(10)からの光(LB)を前記情報媒体(100)の記録面上で複数の集光位置に集光させるための光分割機能を有した光学素子(ホログラム素子20A)と、この光学素子(20A)からの光(LB)を前記情報媒体(100)の記録面上の複数の集光位置に集光する送光系(30~60)と、前記情報媒体(100)を経た前記光(LB)を検出する検出光学系(30~90A)とを備え、前記検出光学系(30~90A)から、前記情報媒体(100)の記録面上における隣接トラック間のクロストークに対応した信号(図7のクロストークキャンセルCTC信号)を検出するように構成できる。

【0113】<8B>あるいは、この発明の装置(光学ヘッド、ディスクドライブまたはレコーダ/プレーヤ)は、コヒーレントな光(LB)を出力する光源(10)と;前記光(LB)からメインビームおよびサブビームを作り出す光分割機能を有した光学素子(ホログラム素子20A)と;前記メインビームおよびサブビームを、厚みムラを伴ない得る透明層で覆われた記録層または光反射層に送り、この記録層または光反射層の記録面上に形成された互いに隣接する複数記録トラックに集光させる送光系(30~60)と;前記記録面で反射された前記メインビームを検出するメインビーム検出用セル(92)および前記記録面で反射された前記サブビームを検出するサブビーム検出用セル(94、96)を含む検出光学系(30~90A)と;前記光源(10)から前記記録面までの間の光路に設けられ、前記透明層の厚みムラによる光学的収差を補正する厚みムラ補正手段(50~54)と;前記サブビーム検出用セル(94、96)の検出信号に基づいて、前記透明層の厚みムラによる光学的収差の影響が小さくなるように前記厚みムラ補正手段(50~54)を動作させるシックネスサーボ系(500)と;前記メインビーム検出用セル(92)の検出信号に基づいて、前記記録トラックに記録された情報を再生する再生手段(300)とを備え、前記再生手段(300)が、前記サブビーム検出用セル(94、96)から、前記隣接する複数記録トラック間のクロストーク成分に対応するクロストークキャンセル信号(CTC信号)を検出し、このクロストークキャンセル信号(CTC信号)を用いて、前記メインビーム検出用セル(92)の検出信号に含まれる前記クロストーク成分をキャンセルするように構成できる。

【0114】<8C>あるいは、この発明の装置(光学

27

ヘッド、ディスクドライブまたはレコーダ/プレーヤ)は、コヒーレントな光(LB)を出力する光源(10)と;前記光(LB)から、0次のメインビーム、+1次のサブビームおよび-1次のサブビームを作り出すホログラム素子(20A)と;前記0次のメインビーム、+1次のサブビームおよび-1次のサブビームを、厚みムラを伴ない得る透明層で覆われた記録層または光反射層に送り、この記録層または光反射層の記録面上に形成された互いに隣接する複数記録トラックに集光させる送光系(30~60)と;前記記録面で反射された前記0次のメインビームを検出するメインビーム検出用セル(92)、前記記録面で反射された前記+1次のサブビームを検出する第1のサブビーム検出用セル(94)、および前記記録面で反射された前記-1次のサブビームを検出する第2のサブビーム検出用セル(96)を含む検出光学系(30~90A)と;前記光源(10)から前記記録面までの間の光路に設けられ、前記透明層の厚みムラによる光学的収差を補正する厚みムラ補正手段(50~54)と;前記第1のサブビーム検出用セル(94)および前記第2のサブビーム検出用セル(96)の検出信号に基づいて、前記透明層の厚みムラによる光学的収差の影響が小さくなるように前記厚みムラ補正手段(50~54)を動作させるシックネスサーボ系(500)と;前記メインビーム検出用セル(92)の検出信号に基づいて、前記記録トラックに記録された情報を再生する再生手段(300)とを備え、前記再生手段(300)が、前記第1のサブビーム検出用セル(94)および前記第2のサブビーム検出用セル(96)のうち少なくとも一方から、前記隣接する複数記録トラック間のクロストーク成分に対応するクロストークキャンセル信号(CTC信号)を検出し、このクロストークキャンセル信号(CTC信号)を用いて、前記メインビーム検出用セル(92)の検出信号に含まれる前記クロストーク成分をキャンセルするように構成できる。

【0115】また、上記目的を達成するために、この発明に係る装置では、収差検出用光学系とDPP用光学系およびCTC用光学系を兼用するように構成される。

【0116】<9A>具体的には、この発明の装置(光学ヘッド、ディスクドライブまたはレコーダ/プレーヤ)は、情報媒体(100)上に同心円状または螺旋状に形成されるトラックに沿って記録された情報を集束光を用いて再生し、あるいは情報媒体(100)上に同心円状または螺旋状に形成されるトラックに沿って情報を集束光を用いて記録するものであって、光源(10)と、この光源(10)からの光(LB)を前記情報媒体(100)の記録面上で複数の集光位置に集光させるための光分割機能を有した光学素子(ホログラム素子20A)と、この光学素子(20A)からの光(LB)を前記情報媒体(100)の記録面上の複数の集光位置に集光する送光系(30~60)と、前記情報媒体(10

28

0)を経た前記光(LB)を検出する検出光学系(30~90A)とを備え、前記検出光学系(30~90A)から、前記情報媒体(100)の記録面上における前記集束光と前記トラックとの間の相対的位置ずれ(トラックずれ)に対応した信号(図7の差動プッシュプルDPP信号)を検出するように構成するとともに、前記検出光学系(30~90A)から、前記情報媒体(100)の記録面上における隣接トラック間のクロストークに対応した信号(図7のクロストークキャンセルCTC信号)を検出するように構成できる。

【0117】以上の構成においては、シックネスサーボやチルトサーボの光学系および回路系から差分プッシュプル(DPP)やクロストークキャンセル(CTC)の信号を取り出すようにしたので、シックネスサーボやチルトサーボの光学系および回路系の一部をDPPやCTCにも流用できることになる。このようにすれば、DPPやCTCの機能込みでの装置構成を単純化できるため、装置の小型軽量化およびトータルコスト削減を実現できる。

【0118】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して、この発明の一実施の形態に係る、光学的収差を利用した光情報処理システムおよび厚みムラのある透明層で保護された記録層を持つ情報媒体について説明する。

【0119】一般に、レンズの中心軸(光軸)近傍では理想的な結像が得られても、レンズ全体では理想的な結像が得られない。この理想からのずれを収差と呼ぶ。この収差(光学的収差)としては、球面収差、コマ収差、非点収差、像面のそり、像のゆがみ、色収差等がある。これらの収差のうち、この発明の幾つかの実施の形態では、球面収差(波面収差)および/またはコマ収差を主に利用している。

【0120】図1は、凸レンズの球面収差および凹凸レンズの組み合わせによる球面収差補正メカニズム(集光面上に透明層がない場合)を説明する図である。

【0121】球面収差のない理想的な凸レンズを集光光学系として用いると、図1(a)に例示するように、1点 α から出た光線はこの無収差凸レンズにより理想的に集光され、集光された光線は全て単一の集光点 β に集まるようになる。このような無収差レンズが図1(a)に示すような2種の曲面を持つ凸レンズにより構成されている場合を考えてみる。

【0122】光源 α からの入射光に対して図1(a)の凸レンズの裏表を入れ替えると、この凸レンズはもはや無収差レンズとしては機能しなくなる。この場合、レンズの周辺から集光点へ向かう光の角度は図1(a)の場合より大きくなり、図1(b)に例示するように、凸レンズの球面収差が生じる。このような収差が生じると、凸レンズ中央を通過する光が集光点 β に集まるような状態にあっても、凸レンズ周辺を通過する光の集光点は集

29

光点 β の位置よりも手前（レンズ側）にずれる。この集光点のずれの程度は、凸レンズを通過する光がレンズ中央から離れるほど（つまりレンズ周辺に近づくほど）大きくなる。

【0123】図1（b）に示すような凸レンズの球面収差が生じると、レンズ中央を通過する光が目的の集光点 β に集まるように調整されていても、集光点 β を含む集光面上の集光スポットサイズは、レンズ周辺からの集光点ずれ光により大きく広がってしまう。この場合、集光面上で絞り込まれた小さな集光スポットが得られないだけでなく、単位面積当たりの集光スポットの光度（輝度）も落ちてしまう。一方、凸レンズ周辺からの光の集光面位置でみたときは、レンズ中央からの光の集光点がずれることになり、その集光面位置でもやはり集光スポットサイズが広がってしまう。

【0124】図1（b）の例では、凸レンズの球面収差の出方（凸レンズ周辺からの光の集光点がずれる方向）が、集光点 β を含む集光面よりもレンズ寄りに生じている。このような球面収差の出方は、凸レンズに入射する光の状態を変えることにより、変えることができる。

【0125】すなわち、図1（c）に例示するように、凸レンズよりも光源側に凹レンズを配置して、この凹レンズにコリメートされた平行光を送り込む。すると、凹レンズからは、発散された光が凸レンズに送出される。光学系をこのように構成すると、あたかも点光源 α から出たかの如き発散光が、凸レンズに入射されることになる。この場合、図1（c）の凸レンズが図1（a）に示したような無収差レンズであったとしても、凹レンズ周辺側から凸レンズ周辺側への発散光の広がり方が図1

（a）の状態よりも大きくなるときは、凸レンズの周辺から集光点へ向かう光の角度が図1（a）の場合より小さくなり、凹レンズの球面収差が生じるようになる。

【0126】図1（c）に示すように、凹レンズの球面収差の出方（レンズ周辺からの光の集光点がずれる方向）は、凸レンズ側からみて集光面よりも遠方に生じるようになる。すなわち、凹レンズを設けたことにより、凸レンズの球面収差とは逆方向に凹レンズの球面収差が生じるようになる。このような凹レンズの球面収差が

（凸レンズの球面収差も同時に存在するときは凹レンズの球面収差が凸レンズの球面収差よりも強勢に）生じた場合、たとえレンズ中央を通過する光が目的の集光点 β に集まるように調整されていても、集光点 β を含む集光面上の集光スポットサイズは、レンズ周辺からの集光点ずれ光により大きく広がってしまう。この場合も、集光面上で絞り込まれた小さな集光スポットが得られないだけでなく、単位面積当たりの集光スポットの光度（輝度）も落ちてしまう。

【0127】上述したように、図1（b）または（c）に例示したような球面収差が生じると、集光点 β （合焦点）をいくら調整しても、小さく絞り込まれた集光スポ

30

ットを特定の集光面上で得ることができない。また、集光スポットサイズが大きくなれば、単位面積当たりの集光スポットの光度（輝度）も落ちてしまう。

【0128】集光スポットサイズを小さく絞れないと、情報ビットの高密度記録ができなくなり、また高密度記録された情報ビット列を含む密間隔の隣接トラック間クロストークが増大して正常なビット読み取りが困難となる。さらに、単位面積当たりの集光スポットの光度（輝度）が落ちると、情報媒体に情報ビットを書き込むために必要となる。それに加えて、単位面積当たりの集光スポットの光度（輝度）が落ちると情報再生時の光検出器の感度およびその信号対雑音比もより高めなければならなくなる。これらのことから、光学系全体でみた球面収差の発生量は、最小限（理想的にはゼロ）に抑えることが要求される。

【0129】図1（c）に例示するような凹レンズの球面収差の出方（レンズ周辺からの光の焦点が集光面から遠方にずれること）は、凹レンズから凸レンズに入射される発散光の広がり方を変えることにより、変えることができる。

【0130】すなわち、図1（d）に例示するように、凹レンズを凸レンズから離して凸レンズに入射される発散光の広がり方を減らすと、凸レンズの周辺から集光面へ向かう光の角度が図1（c）の場合より大きくなり、結果的に収差なしの状態（図1（a））と同様にできる。凹レンズを凸レンズからさらに離して凸レンズに入射される発散光の広がり方をもっと減らすと、図示しないが凸レンズの周辺から集光面へ向かう光の角度が図1（d）の場合より大きくなり、結果的に、図1（b）に示すような収差（凸レンズの球面収差）が発生するようになる。

【0131】つまり、互いに逆極性の球面収差を持つ凹レンズおよび凸レンズを図1（c）（d）に示すように組み合わせ、凹レンズと凸レンズとの間隔を適宜調整すれば、凹レンズの球面収差または凸レンズの球面収差を自由に発生させることができるとともに、凹レンズの球面収差と凸レンズの球面収差とが相互に打ち消された、図1（d）に示すような無収差状態も創り出すこともできる。

【0132】図1（a）～（d）の図解から、次のことが分かる。すなわち、集光面と光源（より具体的には集光点とこの集光点に対向する光学系）との間に何らかの理由で光学的な収差の影響（主にレンズ周辺からの光の集光点がずれることによる影響）が発生しても、その影響は、凸レンズと組み合わせられる球面収差補正用の凹レンズの相対的な位置調整によって（あるいは凸レンズに送り込まれる発散光の広がり方の調整によって）、打ち消す（あるいは抑制し、もしくは補正する）ことができる。この打ち消しにより創り出された「収差がない状態」の下で対物レンズの焦点を最良点（合焦点）に調整

すれば、集光面上で最小サイズに絞り込まれた高輝度な集光スポットを得ることができる。

【0133】上述した「光学的な収差の影響を発生させる何らかの理由」の1つとして、光学系が配置された空中と異なる屈折率を持つ透明層が集光面と対物レンズとの間に存在し、この透明層の厚さおよび／またはその屈折率 n の値がばらつくこと（透明層に厚みムラおよび／または屈折率ムラがある場合）が挙げられる。

【0134】図2は、情報媒体（光ディスク）の記録層上に設けられた透明層の厚みムラ（および／または屈折率ムラ）による光学的な収差（球面収差）の発生メカニズムを説明する図である。

【0135】図2の例では、集光面にあたる記録層表面上に、空中（屈折率は1）と異なる屈折率 n を持つ材質（たとえばポリカーボネートでは $n=1.62$ ）で作られた所定基準厚（たとえば0.1mm）の透明層が設けられている。そして、この透明層を介して、記録層表面上に、光源からの光が凸レンズ（対物レンズ）により集光される。

【0136】図2（a）は、透明層に厚みムラも屈折率ムラもない場合において、記録層表面上の集光点 β に、収差なしで光源からの光が全て最良の焦点（合焦点）で集光される状態を例示している。

【0137】図2（a）の状態では透明層の厚みだけが基準厚（たとえば0.1mm）よりも薄くなる方向にばらつくと、図2（b）に例示するように、集光点が対物レンズ側にばらつく収差（図1（b）に例示した凸レンズの球面収差と同様）が発生する。図2（a）の状態では透明層の屈折率だけが基準値（たとえば1.62）よりも小さくなる方向にばらついても、図2（b）に例示する

ような収差が発生する。

【0138】逆に、図2（a）の状態では透明層の厚みだけが基準厚（0.1mm）よりも厚くなる方向にばらつくと、図2（c）に例示するように、集光点が記録層内部側にばらつく収差（図1（c）に例示した凹レンズの球面収差と同様）が発生する。図2（a）の状態では透明層の屈折率だけが基準値（1.62）よりも大きくなる方向にばらついても、図2（c）に例示する

ような収差が発生する。

【0139】図2（a）と図1（a）、図2（b）と図1（b）、および図2（c）と図1（c）をそれぞれ比較すると分かるように、対物レンズと集光面（記録面）との間に光学的な収差（球面収差）の発生要因（透明層の厚みムラおよび／または屈折率ムラ等）がある場合は、対物レンズを含む光学系に（凸レンズまたは凹レンズの）球面収差が発生した場合と同様な状況に置かれる。このことは、透明層の厚みムラおよび／または屈折率ムラによる球面収差の影響を、図1（c）（d）で説明したと同様な方法（凹レンズおよび凸レンズの相対間隔を適宜調整する方法）で取り除くことが可能なことを

示唆している。

【0140】すなわち、図2（b）に示すように透明層が基準厚よりも薄い方にばらついて（あるいは透明層の屈折率が小さい方にばらついて）図1（b）に示すような凸レンズの球面収差と同様な収差が発生した場合は、図1（c）に示すように光学系側において凹レンズを凸レンズに近づけて凸レンズ周辺へ入射される発散光の広がり方を大きくする（つまり凹レンズの球面収差を発生させる）。そのようにすれば、図2（b）に示すような収差（レンズ側への集光点のばらつき）を打ち消して、図2（a）に示すような無収差状態に補正できる。

【0141】逆に、図2（c）に示すように透明層が基準厚よりも厚い方にばらついて（あるいは透明層の屈折率が大きい方にばらついて）図1（c）に示すような凹レンズの球面収差と同様な収差が発生した場合は、光学系側において凹レンズを凸レンズから離して凸レンズ周辺へ入射される発散光の広がり方を小さくする（つまり凸レンズの球面収差を発生させる）。そのようにすれば、図2（c）に示すような収差（記録層の奥側への集光点のばらつき）を打ち消して、図2（a）に示すような無収差状態に補正できる。

【0142】ただし、凸レンズ（対物レンズ）の焦点を固定した上で（つまり焦点ばけ調整／デフォーカス調整をせずに）凹レンズおよび凸レンズの相対間隔を調整して（つまり凸レンズに入射する発散光の広がり方を変化させて）球面収差補正をすると、集光面（記録層表面）に対する凸レンズ（対物レンズ）の合焦点も変化し、焦点ばけが発生する。このような焦点ばけに対する対策も含めて、収差補正光学系について、さらに説明を続ける。

【0143】図3は、厚みムラ補正用凹レンズ、厚みムラ補正用凸レンズ、および対物レンズの相対位置関係により、光学的な収差（球面収差）の発生状況を調整できることを説明する図である（ここでは図2で示した透明層の図示は省略している）。

【0144】図3（a）は、コリメートされた平行光が凹レンズにより発散光に変換され、この発散光が凸レンズにより絞られ、この絞られた光（平行光）が対物レンズの瞳全体に入射し、この対物レンズへの入射光全てが集光面（記録層面）上の焦点 f に集束する場合（球面収差なし）を例示している。この図解では、図2で例示した透明層の厚みムラ（および／または屈折率ムラ）がなく、対物レンズへの入射光が平行しているときに、集光面上の焦点 f に全ての光線が集中する「収差なしの合焦状況（焦点ばけなし）」を想定している。このような状況では、収差補正量はゼロであるとする。

【0145】図3（a）は、図示しない透明層を含めた光学系において、対物レンズへの入射光が平行であるときに焦点 f で合焦となる場合を示している。このように対物レンズへの入射光が平行であるときに焦点 f で合焦

となるように調整された光学系において、対物レンズへの入射光が非平行となると、この光学系の合焦点は平行入射光の場合の合焦位置 f からずれる。このようなずれ (δ) を念頭において、光学的な収差 (球面収差) の発生状況がどのように調整されるかについて、以下に説明する。

【0146】いま、図2(c)に示すように透明層が基準厚よりも厚めにばらついたとすると、収差は焦点 f を含む集光面より奥側 (対物レンズから離れる方向) に生じる。このような収差の発生状況は、図3(b)に示すような方法で抑制できる。すなわち、図3(b)に例示するように、左側凹レンズと中央凹レンズとの相対位置関係を変えて、右側対物レンズ周辺に入射する光を平行光から収束光寄りに変化させる。すると、対物レンズ周辺からの光線は集光面上より手前 (対物レンズに近づく方向) に集まる。これにより、図2(c)に示すような収差の発生状況 (対物レンズ周辺からの光線が集光面上から奥側に集まる) が、図3(b)に示すような光学系の厚み補正操作 (対物レンズ周辺に入射する光を収束光寄りに変化させる) により、打ち消される。

【0147】この状況では、透明層が厚い方向にばらついたときの球面収差を補正するような収差補正量が生じる。図3(b)は、この収差補正量 (対物レンズ周辺に入射する光が収束光寄りに変化) に対応して、光学系の実質的な合焦点が、収差補正量ゼロの場合の焦点 f から対物レンズ側へ距離 δ だけずれる様子を模式的に例示している。

【0148】逆に、図2(b)に示すように透明層が基準厚よりも薄めにばらついたとすると、収差の影響は集光面より手前 (対物レンズに近づく方向) に生じる。この場合は、対物レンズ周辺からの光の焦点位置が対物レンズ中央からの光の焦点位置よりも手前に生じる。このような収差の影響は、図3(c)に示すような方法で抑制できる。すなわち、図3(c)に例示するように、左側凹レンズと中央凹レンズとの相対位置関係を変えて、右側対物レンズ周辺に入射する光を平行光から発散光寄りに変化させる。すると、対物レンズ周辺からの光線は集光面上より奥側 (対物レンズから離れる方向) に集まる。これにより、図2(b)に示すような収差の影響 (対物レンズ周辺からの光線が集光面上から手前集まる) が、図3(c)に示すような光学系の厚み補正操作 (対物レンズ周辺に入射する光を発散光寄りに変化させる) により、打ち消される。

【0149】この状況では、透明層が薄い方向にばらついたときの球面収差を補正するような収差補正量が生じる。図3(c)は、この収差補正量 (対物レンズ周辺に入射する光が発散光寄りに変化) に対応して、光学系の実質的な合焦点が、収差補正量ゼロの場合の焦点 f から対物レンズよりも離れる方向に距離 δ だけずれる様子を模式的に例示している。

【0150】図3(a)～(c)の図解から、次のことが分かる。すなわち、図3を参照して説明した複数レンズ構成による透明層厚みむら補正光学系は、球面収差を自由にコントロールできる機能を持つ光学系ユニット (その中身はブラックボックスとして扱える) と捉えることができる。しかし、図2(b)(c)に示すような透明層厚みムラによる球面収差を図3に示すような光学系ユニットで補正すると、同時に光学系ユニットの焦点 f がずれてしまう。

10 【0151】以上のことから、透明層厚みムラによる球面収差を補正しつつ光学系ユニットの焦点 f のずれも補正する要求が生まれる。この要求を満たすためには、球面収差発生状況検出と焦点ずれの発生状況検出とを独立した別の方法で行う必要がある。その具体的な方法については図6～図8を参照して後述するが、その前に、図3の光学系における問題点 (球面収差検出と焦点ずれ検出とが互いに影響しあうこと) について説明する。

20 【0152】図4は、図3の厚みムラ補正用凹レンズ、厚みムラ補正用凸レンズ、および対物レンズを1つの光学系ユニット70としてブラックボックス化した場合において、記録層上に設けられた透明層の厚みムラによる球面収差 (あるいは焦点ずれ) が発生すると、光学系ユニット70を通過した記録面上からの反射光がどのようなかを例示している。図4の構成では、厚みムラ補正用の光学系ユニット70を挟んで情報媒体 (透明層で記録層が保護された光ディスク) と反対側に、図示しない光源および焦点ばけ検出用光学系 (光検出器) が配置される。

30 【0153】図3に示したように、厚みムラ補正用の凸レンズと凹レンズとの間の間隔を変化させると、対物レンズへの入射光の状態が発散光/平行光/収束光と変化する。このように対物レンズへの入射光の状態が発散光/平行光/収束光と変化する、図4の光学系ユニット70内部の対物レンズにより集光される集光位置 β から対物レンズまでの距離が厚みムラ補正用の凸レンズと凹レンズとの間の間隔に応じて変化する。そのため、厚みムラ補正 (球面収差補正) を行うと、同時に集光位置 β も変化し、フォーカシングサーボへ影響を与えやすい構造となっている。この点を踏まえて、図4の説明を続ける。

40 【0154】図4(a)は、媒体透明層に厚みムラも屈折率ムラもないときの、合焦状態における光学系ユニット70への入力光と出力光の関係を例示している。すなわち、図4(a)の光学系ユニット70に図示しない光源側から平行光が入射されると、光学系ユニット70からの光は全て光軸上の集光点 β に集束する。集光点 β で反射された反射光は、光学系ユニット70を介して平行光となり、図示しない光検出器側 (後述する図6の光検出器90Aなど) に送られる。

50 【0155】図4(b)は、媒体透明層に増加方向の厚

35

みムラ（および／または増加方向の屈折率ムラ）による収差が生じたときの（あるいは焦点ずれが生じたときの）、光学系ユニット70への入力光と出力光の関係を例示している。すなわち、図4（b）の光学系ユニット70に図示しない光源側から平行光が入射されると、光学系ユニット70内の対物レンズ周囲からの光は、収差の影響で（あるいは焦点ずれにより）位置が奥にずれた集光点 β に向かう。集光点 β は記録層の面上より奥にあるため、光学系ユニット70内の対物レンズ周囲からの光は、集光点 β に到達する前に、光軸から外れた記録層の面上で反射される。この光軸から外れた記録層の面上で反射された反射光は、光学系ユニット70を介して発散光となり、図示しない光検出器側に送られる。

【0156】図4（c）は、媒体透明層に減少方向の厚みムラ（および／または減少方向の屈折率ムラ）による収差が生じたときの（あるいは焦点ずれが生じたときの）、光学系ユニット70への入力光と出力光の関係を例示している。すなわち、図4（c）の光学系ユニット70に図示しない光源側から平行光が入射されると、光学系ユニット70内の対物レンズ周囲からの光は、収差の影響で（あるいは焦点ずれにより）位置が手前にずれた集光点 β に向かう。集光点 β は記録層の面上より手前にあるため、光学系ユニット70内の対物レンズ周囲からの光は、集光点 β を通り過ぎてから、光軸から外れた記録層の面上で反射される。この光軸から外れた記録層の面上で反射された反射光は、光学系ユニット70を介して収束光となり、図示しない光検出器側に送られる。

【0157】図4（a）～（c）の図解から、次のことが分かる。すなわち、透明層に厚みムラがないときは（あるいは焦点ずれがないときは）図4（a）に示すように平行な反射光が光学系ユニット70から出力される。しかし、透明層に厚手方向の厚みムラがあるときは（あるいは記録層の奥側への焦点ずれが生じたときは）図4（b）に示すように発散方向の反射光が光学系ユニット70から出力され、透明層に薄手方向の厚みムラがあるときは（あるいはレンズ側への焦点ずれが生じたときは）図4（c）に示すように収束方向の反射光が光学系ユニット70から出力される。

【0158】このことから、光学系ユニット70から出力される反射光の発散状態／収束状態を区別して検出すれば、2種類の球面収差の発生状況（透明層が厚くなる方向の球面収差発生状況と、透明層が薄くなる方向の球面収差発生状況）を区別して検出できることになる。逆に、光学系ユニット70から出力される反射光の発散状態／収束状態から、2種類の焦点ずれ状態（記録層の奥側に焦点がずれる方向の焦点ぼけと、レンズ側に焦点がずれる方向の焦点ぼけ）を区別して検出できることになる。しかし、この場合の球面収差の発生状況検出と焦点ずれ状態検出とは同じ原理（光学系ユニット70から出力される反射光の発散状態／収束状態の検出を利用す

36

る原理）によることになるため、厚みムラ補正（球面収差補正）を行うサーボ系（後述するシックネスサーボ系）とフォーカシングサーボ系とは相互に影響しあうことになる。

【0159】すなわち、図3のようなレンズ構成を含む図4の光学系ユニット70では、厚みムラ補正（球面収差補正）を行うと、同時に集光位置 β も変化し、フォーカシングサーボへ影響を与えやすい構造となる。この影響を避けるためには、厚みムラ補正（球面収差補正）を行うシックネスサーボ系とフォーカシングサーボ系とは互いに独立したサーボ動作を行えるような工夫が必要となる。この工夫がどのように実現されるかの具体例は、図6以降を参照して後述する。

【0160】図5は、焦点ぼけ補正なし（デフォーカス補正なし；収差なしの状態において対物レンズ中央で合焦・ジャストフォーカスに固定）で球面収差のみを与えたときに、記録面（光反射面）上に生じる集光スポットの強度分布が球面収差によりどのように変化するかを説明するとともに、各球面収差に対応して集光スポットの形状（サイズ／幅）がどのようになるかを例示する図である。この図は、球面収差の量によって集光スポットの光強度分布がどのように変化するかの傾向を模式的に例示するためのものである。縦軸および横軸の単位は任意（a. u.）としている。また、球面収差の量は、使用光の波長 λ を用いた球面収差係数 W_{40} により表している。

【0161】図5（a）に示すように、集光スポット中央の光強度は、無収差の場合（球面収差係数 $W_{40}=0.0\lambda$ ）に最も大きくなる。集光スポット中央の光強度は、球面収差が大きくなるほど（ $W_{40}=0.2\lambda \rightarrow 0.4\lambda \rightarrow 0.6\lambda \rightarrow 0.8\lambda$ ）減少してゆく。

【0162】また、球面収差が大きくなるほど（ $W_{40}=0.0\lambda \rightarrow 0.4\lambda \rightarrow 0.8\lambda$ ）、集光スポットの広がり方（図5（a）では光強度の単峰曲線の中腹もしくは裾野の幅；図5（b）では集光スポットの直径）が大きくなる。この集光スポットの広がりとは異なる原因（収差）に起因しているので、対物レンズの焦点調整だけでこの集光スポットの広がりを防止あるいは抑制することはできない。逆に、収差補正だけで焦点ぼけによる集光スポットの広がりを防止あるいは抑制することもできない。

【0163】図5の図解は、集光スポットの焦点を固定した場合において、球面収差の発生状況を、集光スポットの光強度（または単峰曲線のピーク強度）および／または集光スポットの広がり方（または単峰曲線の中腹～裾野の幅）に関連した情報（信号）から検出できることを示している。このことは、球面収差の発生状況を焦点ぼけ状態から分離して検出できることを示唆している。逆説的に言えば、球面収差による集光スポットの広がりとは焦点ぼけによる集光スポットの広がりとが区別される

ことなく焦点調整が働いてしまうと、球面収差発生状況の検出を正しく行うことができなくなる可能性を暗示している。

【0164】たとえ不規則に変動する収差が発生しても目標の記録面（光反射面）上で常に安定して鋭く絞り込まれた小さな集光スポットを得るためには、焦点調整と収差補正とを相互に独立させながら協同的（あるいは同時並行的）に行うことが必要となる。すなわち、焦点ばけ補正を行いつつ（フォーカシングサーボを動作させつつ）球面収差の発生状況を検出して球面収差補正を行うには、球面収差検出系（シックネスサーボ系など）の動作を、フォーカシングサーボ系から独立させる必要がある、ということである。

【0165】図6は、情報媒体透明層の厚みムラ（および／または屈折率ムラ）による球面収差の影響を抑制する手段（シックネスサーボ系）、情報媒体記録面上での焦点ばけを極小化する手段（フォーカシングサーボ系）などを備えた装置（光ディスクドライブまたは記録／再生装置の要部）の構成を説明する図である。この構成におけるシックネスサーボ系は、図1～図5を参照して説明した球面収差の検出原理を利用して実現できる。また、この構成におけるシックネスサーボ系は、フォーカシングサーボ系から独立したサーボループを構成している。このようにシックネスサーボ系のサーボループとフォーカシングサーボ系のサーボループとを独立させたことは、この実施の形態の大きな特徴となっている。

【0166】図6において、レーザ光源10からのレーザビームLB（たとえば波長 $\lambda = 405\text{ nm}$ のブルーレーザ）は、片面に球面収差発生用ホログラムが形成されたホログラム素子20Aに入射される。このレーザビームLBは、球面収差発生用ホログラム素子20Aにより、3方向に進む光（メインビームMに対応した0次光、サブビームAに対応した+1次光、およびサブビームBに対応した-1次光）に波面分割される。

【0167】ホログラム素子20Aを通過したレーザビームLB（3方向に進む0次光、+1次光および-1次光の光ビームを含む）は、ビームスプリッタ30を介してコリメートレンズ40Aに送られる。コリメートレンズ40Aは、レーザ光源10からのレーザビームLBを平行光に変換して、厚みムラ補正用凹レンズ50に送る。厚みムラ補正用凹レンズ50を通過したレーザビームLBは、厚みムラ補正用凸レンズ52を介して対物レンズ60に送られる。この対物レンズ60により絞り込まれた集束光が、情報媒体（再生専用または記録再生用の光ディスク）100の記録層面上に、その透明保護層を介して、集光される。

【0168】ここで、対物レンズ60の開口数NAは、たとえば0.6ないし0.9の範囲から選択される。より具体的には、0.65ないし0.85の範囲から選択される。ここでは、一例として、 $NA = 0.85$ の対物

レンズ60が用いられている（情報媒体透明層の厚み基準値が0.1mmの場合）。

【0169】厚みムラ補正用凹レンズ50、厚みムラ補正用凸レンズ52、および対物レンズ60は、図3に例示したレンズ群に対応し、図4で説明した光学系ユニット70と同様な光学系ユニットを構成するものと捉えることができる。

【0170】この光学系ユニットにおいて、厚みムラ補正用凹レンズ50および厚みムラ補正用凸レンズ52のレンズ群に対しては厚みムラ補正用凸レンズ駆動コイル（および／または図示しないが厚みムラ補正用凹レンズ駆動コイル）54が設けられ、対物レンズ60に対しては焦点ばけ補正用駆動コイル62およびトラッキングずれ補正用駆動コイル64が設けられている。これらの補正用駆動コイル54、62、64は、対応するレンズ機構に連結されたアクチュエータ（ボイスコイルモータ）の一部を構成している。

【0171】したがって、厚みムラ補正用凸レンズ駆動コイル54への通電方向および通電量をコントロールすることにより、厚みムラ補正用凹レンズ50と厚みムラ補正用凸レンズ52との間隔（または対物レンズ60に対するレンズ50、52の位置）を自由に変更できる（これをシックネスサーボで用いる）。また、焦点ばけ補正用駆動コイル62への通電方向および通電量をコントロールすることにより、対物レンズ60と情報媒体100の記録層との間隔（あるいはレンズ50、52および60を一体化した光学系ユニットと媒体記録層との間隔）を自由に変更できる（これをフォーカシングサーボで用いる）。さらに、トラッキングずれ補正用駆動コイル64への通電方向および通電量をコントロールすることにより対物レンズ60の光軸（集光点）と情報媒体100の記録層面上のトラック位置と相対位置関係を自由に変更できる（これをトラッキングサーボで用いる）。

【0172】情報媒体100の記録層面上に集光された3個の集光スポット（メインビームM、サブビームAおよびサブビームBの集光スポット）の反射光は、対物レンズ60、厚みムラ補正用レンズ群（50、52）およびコリメートレンズ40Aを介してビームスプリッタ30に戻される。ビームスプリッタ30に戻った3個の集光スポットの反射光レーザビームLBは、非点収差を発生するシリンドリカルレンズ80を介して光検出器90Aに入射する。この反射光レーザビームLBは、光検出器90A上において3個のビームに分割され、それぞれ、メインビームM検出用4分割セル92、サブビームA検出用2分割セル94、およびサブビームB検出用2分割セル96の受光面上に送られる。

【0173】光検出器90Aを構成する、3つのセル（メインビームM検出用4分割セル92、サブビームA検出用2分割セル94、サブビームB検出用2分割セル96）は、この実施の形態では、情報媒体100の記録

39

層面上に集光される3つの斜め集光スポットに対応して、斜め配置されている。

【0174】メインビームM検出用4分割セル92を構成するセルa～dの光検知出力は、プリアンプ201～204を介して、再生信号検出回路系300、トラックずれ検出・補正制御回路系（トラッキングサーボ系）400、および焦点ぼけ検出・補正制御回路系（フォーカシングサーボ系）600に送られる。また、サブビームA検出用2分割セル94を構成するセルe、fの光検知出力は、プリアンプ205、206を介して、再生信号検出回路系300、トラックずれ検出・補正制御回路系（トラッキングサーボ系）400、および情報媒体100の透明層厚みムラ（および／または屈折率ムラ）検出・補正制御回路系（シックネスサーボ系）500に送られる。さらに、サブビームB検出用2分割セル96を構成するセルg、hの光検知出力は、プリアンプ207、208を介して、再生信号検出回路系300、トラックずれ検出・補正制御回路系（トラッキングサーボ系）400、および情報媒体100の透明層厚みムラ（屈折率ムラ）検出・補正制御回路系（シックネスサーボ系）500に送られる。

【0175】再生信号検出回路系300は、主にメインビームM検出用4分割セル92を構成するセルa～dの光検知出力に基づいて、情報媒体100に記録された記録マークの内容に対応する再生出力を提供するように構成されている。

【0176】トラックずれ検出・補正制御回路系（トラッキングサーボ系）400は、メインビームM検出用4分割セル92を構成するセルa～dの光検知出力、サブビームA検出用2分割セル94を構成するセルe、f、およびサブビームB検出用2分割セル96を構成するセルg、hの光検知出力に基づきトラックずれ補正用駆動コイル64を駆動して、メインビームMが情報媒体100の記録トラック（グルーブトラックGまたはランドトラックL）上を正確にトレースするように構成されている。

【0177】焦点ぼけ検出・補正制御回路系（フォーカシングサーボ系）600は、メインビームM検出用4分割セル92を構成するセルa～dの光検知出力に基づき焦点ぼけ補正用駆動コイル62を駆動して、情報媒体100の記録層面上に集光するメインビームMが常に最良の焦点を結ぶように、すなわちメインビームMが情報媒体100の記録トラック上で常にジャストフォーカス（合焦）状態となるように構成されている。

【0178】透明層厚みムラ（屈折率ムラ）検出・補正制御回路系（シックネスサーボ系）500は、サブビームA検出用2分割セル94およびサブビームB検出用2分割セル96を構成するセルe、f、g、hの光検知出力に基づき厚みムラ補正用凸レンズ駆動コイル（および／または図示しない厚みムラ補正用凹レンズ駆動コイ

40

ル）54を駆動して、フォーカシングサーボ系600によりメインビームMが最良の焦点を結ぶように制御されていてもなおメインビームMの集光スポットサイズが広がってしまう現象（媒体透明層の厚みムラおよび／または屈折率ムラに起因する球面収差の影響）を、抑制もしくは除去するように構成されている。

【0179】なお、シックネスサーボ系500の動作により透明層厚みムラ補正をした結果メインビームMの焦点がずれてしまった場合は、その焦点ずれ（焦点ぼけ）は、シックネスサーボ系500とは独立したサーボループを持つフォーカシングサーボ系600のサーボ動作により、自動的に補正される。

【0180】図6のホログラム素子20Aを通過した0次光（球面収差発生用ホログラム素子20Aで回折を受けずに直進する光）は、光学系ユニットのレンズ群（レンズ50、52、60）を介して情報媒体100の記録面（光反射層または記録層）上に集光され、ホログラム素子20Aによる収差の付加がない小さな集光スポット（たとえば図5（b）において $W_{40}=0.0\lambda$ で示するような集光スポット）を持つメインビームMとなる。（ただし、ホログラム素子20Aによる収差の付加がなくても、メインビームMの集光スポットは、情報媒体100の透明層の厚みムラ等による収差の影響は受ける。）一方、球面収差発生用ホログラム素子20Aにより回折した+1次光は情報媒体100の記録面上で集光してサブビームAを形成する。このサブビームAは、球面収差発生用ホログラム素子20Aによる収差付加の影響で、大きな球面収差を有した場合の集光スポット（たとえば図5（b）において $W_{40}=0.4\lambda$ で示するような集光スポット）を形成する。また、球面収差発生用ホログラム素子20Aにより回折した-1次光は情報媒体100の記録面上で集光してサブビームBを形成する。このサブビームBは、球面収差発生用ホログラム素子20Aによる収差付加の影響で、大きな球面収差を有した場合の集光スポット（たとえば図5（b）において $W_{40}=0.4\lambda$ で示するような集光スポット）を形成する。

【0181】ここでは、メインビームMの集光点（情報媒体の記録層面）を基準にして、対物レンズ60からみて集光点よりも遠い方向に集光する球面収差と、集光点よりも近い方向に集光する球面収差とを、球面収差発生用ホログラム素子20Aにより、サブビームAおよびサブビームBに対して、予め別々に与えている。つまり、-1次光のサブビームBは、+1次光のサブビームAとは逆極性の球面収差を有した集光スポットを形成する。

【0182】このようにサブビームAおよびサブビームBに互いに逆極性の球面収差を予め与えておくと、情報媒体透明層の厚みムラで球面収差（メインビームM、サブビームAおよびサブビームBの全てに影響する）が発生した場合、メインビームMに対して焦点が合っている位置でも、一方のサブビームでは球面収差が相殺し合っ

て集光スポットサイズが小さくなり、他方のサブビームでは球面収差がさらに加算されて集光スポットサイズが大きくなる(後述する図8(a)(c)参照)。

【0183】ところで、集光スポットサイズは、小さい方が、記録トラックのウォブルグループからの検出信号振幅が大きくなり、かつ記録マークあるいは凹凸形状のエンボスピットからの再生信号振幅も大きくなる。すなわち、集光スポットサイズの大小と、ウォブルグループからの検出信号振幅および/または記録マークあるいはエンボスピットからの再生信号振幅の大小との間には、対応関係がある。そのため、サブビームAおよびサブビームBに関して、ウォブルグループからの検出信号振幅および/または記録マークあるいはエンボスピットからの再生信号振幅の大小比較を行なうことで、媒体記録面上でのサブビームA/Bのスポットサイズはどちらが小さいか(またはどちらが大きいか)を検出できる。これにより、収差の発生方向(図2(b)のように収差が対物レンズ寄りの手前側に発生する方向なのか、図2(c)のように収差が対物レンズから離れる奥側に発生する方向なのか)を検出できるようになる。

【0184】以上のことから、媒体記録面上でサブビームAおよびサブビームBのスポットサイズが等しくなる点でメインビームMの収差がゼロまたは極小となるように調整されておれば、媒体透明層の厚みムラおよび/または屈折率ムラによる球面収差が発生しても、サブビームAおよびサブビームBのスポットサイズを等しくするようなサーボ系(シックネスサーボ系)のサーボ動作により、メインビームMに対する球面収差の影響(媒体透明層の厚みムラおよび/または屈折率ムラにより、焦点が合っているにも拘わらずメインビームMの集光スポットサイズが広がってしまうこと)を極小化もしくは除去できる。

【0185】さらに、サブビームAおよびサブビームBに関して、ウォブルグループからの検出信号振幅および/または記録マークあるいはエンボスピットからの再生信号振幅の大小から、球面収差の発生量を検出できる。すなわち、サブビームAおよびサブビームBに関して、ウォブルグループからの検出信号振幅および/または記録マークあるいはエンボスピットからの再生信号振幅とその大小関係から、情報媒体透明層による球面収差発生状況を検出することができる。

【0186】簡単に言えば、サブビームAとサブビームBとは球面収差が生じる極性が反対であり、発生した球面収差量に対応してサブビームAおよびサブビームBの集光スポットサイズが変化するので、サブビームAおよびサブビームBの検出結果から、収差発生状況(媒体透明層の厚みムラおよび/または屈折率ムラの大きさおよびその増減方向)を検出できるようになる。

【0187】また、ホログラム素子20Aに入射するレーザービームLBが平行光でないことから、メインビーム

Mを間に挟んだサブビームAおよびサブビームBの並びは、図6に例示されるように、情報媒体100のトラック(グループトラックGおよびランドトラックL)の並び方向に対して斜めになる。この斜め配置のサブビームAおよびサブビームBにより、球面収差関連情報(シックネスサーボに利用できる情報)の他に、メインビームMがトレースする現トラックの左右隣接トラックの情報(トラッキングサーボ、クロストークキャンセル等に利用できる情報)も得ることができる。

【0188】図7は、図6に示された各種サーボ系の内部構成の具体例を説明するブロック図である。以下、焦点ぼけ検出・補正制御回路系(フォーカシングサーボ系)600、トラックずれ検出・補正制御回路系(トラッキングサーボ系)400、媒体透明層の厚みムラ(および/または屈折率ムラ)検出・補正制御回路系(シックネスサーボ系)500、および再生信号検出回路系300それぞれの内容について、具体的に説明する。

【0189】***焦点ぼけ検出・補正制御回路系(フォーカシングサーボ系)600について***
図6のシリンダリカルレンズ80により非点収差が与えられたメインビームMの戻り光は、メインビームM検出用4分割セル92を構成するセルa~d上で、次のように形状変化するビームスポットを形成する。

【0190】すなわち、対物レンズ60の焦点が情報媒体記録層の面上あるときに非点収差光学系のビーム断面が円形となるような位置に、4分割セルa~dの受光面が配置されている。このため、合焦状態では、4分割セルa~dの受光面の中心上に円形のビームスポットが形成される。ところが、対物レンズ60からみて媒体記録層面よりも遠方に焦点がずれると、4分割セルa~dのうち対角方向に配置された1対のセル(たとえばセルaおよびセルc)の並び方向に細長くなる楕円形のビームスポットが、4分割セルの受光面上に形成される。逆に、媒体記録層面よりも手前に焦点がずれたときは、4分割セルa~dのうち他の対角方向に配置された1対のセル(たとえばセルbおよびセルd)の並び方向に細長くなる楕円形のビームスポットが、4分割セルの受光面上に形成される。

【0191】つまり、メインビームM検出用4分割セル92による光検知結果から4分割セルの受光面上のビームスポットの形状変化(縦長楕円~円~横長楕円)を検出すれば、焦点ずれ量および焦点ずれの方向を検出できる。これらの焦点ずれ量および焦点ずれの方向情報を用いて、フォーカシングサーボを実現できる。このフォーカシングサーボを実現するための回路構成は、図7の実施の形態では、次のようになっている。

【0192】すなわち、図6のメインビームM検出用4分割セル92を構成するセルaの光検知出力は、ブリアンプ201を介して加算器211および加算器214それぞれの方入力端に送られる。4分割セル92を構成

43

するセルbの光検知出力は、プリアンプ202を介して加算器212および加算器213それぞれの一方入力端に送られる。同様に、メインビームM検出用4分割セル92を構成するセルcの光検知出力はプリアンプ203を介して加算器211および加算器213それぞれの他方入力端に送られ、4分割セル92を構成するセルdの光検知出力はプリアンプ204を介して加算器212および加算器214それぞれの他方入力端に送られる。

【0193】加算器211の出力（対角方向に配置されたセルa+セルcの出力）は減算器223の－入力端に送られ、加算器212の出力（別の対角方向に配置されたセルb+セルdの出力）は減算器223の＋入力端に送られる。この場合、合焦時（セルa～セルd上のメインビームスポットは円形）では、加算器212の出力（セルb+セルd）と加算器211の出力（セルa+セルc）との差分を示す減算器223の出力 $[(b+d) - (a+c)]$ の大きさは、ゼロ（または極小）となる。

【0194】一方、対物レンズ60からみて媒体記録層面よりも遠方に焦点がずれると、セルaおよびセルcの並び方向に細長くなる楕円形のビームスポットが形成され、加算器211の出力（セルa+セルc）の方が加算器212の出力（セルb+セルd）よりも大きくなる。その結果、焦点ずれ量に対応したマイナス方向の出力 $[-(a+c) + (b+d)]$ が減算器223から出力される。このマイナス方向の出力 $[-(a+c) + (b+d)]$ を位相補償回路271を介して駆動電流供給回路281に与え、駆動電流供給回路281から焦点ばけ補正用駆動コイル62に対応する駆動電流を供給すると、減算器223の出力 $[-(a+c) + (b+d)]$ の大きさがゼロ（または極小値）に向かうように対物レンズ60の位置が調整される。減算器223の出力 $[-(a+c) + (b+d)]$ の大きさがゼロ（または極小）になれば、媒体記録層面よりも遠方への焦点ずれが補正されたことになる。

【0195】逆に、対物レンズ60からみて媒体記録層面よりも手前に焦点がずれると、セルbおよびセルdの並び方向に細長くなる楕円形のビームスポットが形成され、加算器212の出力（セルb+セルd）の方が加算器211の出力（セルa+セルc）よりも大きくなる。その結果、焦点ずれ量に対応したプラス方向の出力 $[(b+d) - (a+c)]$ が減算器223から出力される。このプラス方向の出力 $[(b+d) - (a+c)]$ を位相補償回路271を介して駆動電流供給回路281に与え、駆動電流供給回路281から焦点ばけ補正用駆動コイル62に対応する駆動電流を供給すると、減算器223の出力 $[(b+d) - (a+c)]$ の大きさがゼロ（または極小値）に向かうように対物レンズ60の前後位置が調整される。減算器223の出力 $[(b+d) - (a+c)]$ の大きさがゼロ（または極小）に

44

なれば、媒体記録層面よりも手前への焦点ずれが補正されたことになる。

【0196】以上のような焦点ずれ補正を行うフォーカシングサーボ系600は、後述するトラッキングサーボ系400、シックネスサーボ系500、チルトサーボ系700（図13、図14）等から独立して構成できる。というのも、この発明の実施の形態では、（非点収差を利用した）フォーカシングサーボの動作原理、（プッシュプル法または差動プッシュプル法を利用した）トラッキングサーボの動作原理、（球面収差を利用した）シックネスサーボの動作原理、および（コマ収差を利用した）チルトサーボの動作原理を、それぞれ全く異なるものとすることができるからである。

【0197】***トラックずれ検出・補正制御回路系（トラッキングサーボ系）400について***

媒体100の記録層で反射されたメインビームMの戻り光は、合焦時は、メインビームM検出用4分割セル92を構成するセルa～d上に円形ビームスポットを形成する。この4分割セル上の円形ビームスポットは、メインビームMの集光スポットが媒体記録層のグループ中心上あるいはランド中心上にあるときは、左右対称な反射回折光分布を持つ。この反射回折光分布の左右対称性は、メインビームM検出用4分割セル92をセルa+dとセルb+cに2分割し、この2分割セル（a+dとb+c）の出力差がゼロまたは極小になることをもって、検出できる。

【0198】すなわち、加算器214の出力（a+d）を減算器224の＋入力端に与え、加算器213の出力（b+c）を減算器224の－入力端に与える。すると、減算器224からは、グループGまたはランドLのトラック進行方向に向かいビームスポットを左右に2分割した光検出出力の差分（トラッキングエラー信号） $[(a+d) - (b+c)]$ が出力される。この出力（トラッキングエラー信号）がゼロまたは極小となるようにトラックずれ補正用駆動コイル64への駆動電流をコントロールしてやれば、メインビームMの集光スポットの中心が媒体記録層のグループ中心上あるいはランド中心上にくるような自動制御が可能となる。このような自動制御をプッシュプル法によるトラッキングサーボという。

【0199】ここで、プッシュプル法には、トラッキングエラー信号 $[(a+d) - (b+c)]$ に直流オフセットが現れやすいという問題がある。この直流オフセットが現れると、トラッキングエラー信号がゼロを示していても、集光ビームスポットは媒体記録面のトラック（グループGまたはランドL）の中心にはないことになる。このオフセットの原因としては、対物レンズ60の光軸ずれ、媒体（光ディスク）100の半径方向の傾き（ラジアルチルト）、グループGまたはランドLの形状のアンバランスなどがある。

【0200】高密度な記録／再生が行われる情報媒体100を用いた記録／再生処理においては、上述したようなオフセットはあるべきではないので、このオフセットに対する対策が望まれる。このオフセットを取り除く（または問題にならないレベルまで小さくする）手段として、差動プッシュプル（DPP）法を用いたトラッキングずれ補正がある。このDPP法で利用する差動プッシュプル信号（DPP信号）の一部は、図7の構成では、シックネスサーボ系500から取り出すことができる（シックネスサーボ系500の詳細な回路構成については後述する）。

【0201】すなわち、減算器224からのトラッキングエラー信号（ $[(a+d) - (b+c)]$ ）を、加算器216に inputs する。この加算器216には、サブビームAの検出出力（減算器221の出力 $f-e$ ）を所定の増幅度（ $-A1$ ）を持つ反転増幅器231で反転増幅した出力 $[(e-f) \times A1]$ と、サブビームBの検出出力（減算器222の出力 $h-g$ ）を所定の増幅度（ $-A2$ ）を持つ反転増幅器232で反転増幅した出力 $[(g-h) \times A2]$ とが、さらに入力される。

【0202】図6に例示したサブビームA/Bの斜め配置で言えば、反転増幅器231からの出力 $[(e-f) \times A1]$ が図6のメインビームMに対して右側のオフセットを打ち消すために利用でき、反転増幅器232からの出力 $[(g-h) \times A2]$ が図6のメインビームMに対して左側のオフセットを打ち消すために利用できる。これらの打ち消し量は、反転増幅器231の増幅度の大きさ $A1$ および／または反転増幅器232の増幅度の大きさ $A2$ を変えることにより、任意に調整できる。

【0203】こうしてオフセットが打ち消されたトラッキングエラー信号が、加算器216から位相補償回路272を介して駆動電流供給回路282に与えられる。駆動電流供給回路282からトラッキングずれ補正用駆動コイル64に対応する駆動電流を供給すると、加算器216の出力（ $[(a+d) - (b+c)] + [(e-f) \times A1] + [(g-h) \times A2]$ ）の大きさがゼロ（または極小値）に向かうように対物レンズ60の左右位置が調整される。この加算器216の出力の大きさがゼロ（または極小）になれば、媒体記録層の面上におけるメインビームMの集光スポットの中心と媒体記録層のグループ中心あるいはランド中心との間の位置ずれ（すなわちトラッキングずれ）が補正されたことになる。

【0204】上記トラッキングずれ補正の方法はウォブルトラックを持たない媒体（再生専用ディスク）にも適用できるが、図6に示すようなウォブルトラックを持つ媒体（記録再生用ディスク）では、次のような方法でトラッキングずれを補正することもできる。

【0205】すなわち、媒体記録面のトラック（グループGまたはランドL）が図6に示すようにウォブルしている媒体（記録再生用ディスク）100では、メインビ

ームMの集光スポットの進行方向左右部分で2つのウォブル成分を検知できる。検知された左右のウォブル成分（ウォブル信号振幅）は、加算器213の出力（4分割セルの $b+c$ ）および加算器214の出力（4分割セルの $a+d$ ）から取り出すことができる。

【0206】これらのウォブル成分（ウォブル信号振幅）の差（ $(a+d) - (b+c)$ ）を減算器224でとり、このウォブル成分（ウォブル信号振幅）の差がゼロまたは極小となるようにトラッキングずれ補正用駆動コイル54を制御すれば、メインビームMの集光スポットが、左右のウォブルで挟まれたトラック（グループGまたはランドL）の中央上を常にトレースするように制御できる。すなわち、図7の回路構成で、ウォブルを利用したトラッキングサーボにも対応できる。

【0207】なお、対物レンズ60の光軸ずれ、媒体（光ディスク）100のラジアルチルト、グループGまたはランドLのウォブル形状のアンバランスなどがあると、ウォブルを利用したトラッキングサーボにおいても、前述した直量オフセットが発生する。そこで、図7の回路構成では、直流オフセットの影響を避けるため、上記ウォブルを利用したトラッキングサーボにおいても、差動プッシュプル（DPP）法を用いたトラッキングずれ補正を実行できるようになっている。

【0208】***媒体透明層の厚みムラ（および／または屈折率ムラ）検出・補正制御回路系（シックネスサーボ系）500について***4分割セル $a \sim d$ の中心上でビームスポットが円形となる（つまり合焦状態となる）ようなフォーカシングサーボが働いても、媒体透明層の厚みムラ等により発生した球面収差が補正されないままでは、媒体記録層の面上におけるメインビームMの焦点スポットサイズを小さく絞ることはできない。逆に、フォーカシングサーボによる焦点ぼけ補正がされないままでは、球面収差補正を行うシックネスサーボが働いても、媒体記録層の面上においてメインビームMの焦点スポットを合焦状態（スポットサイズ最小）に維持することは保証されない。したがって、メインビームの合焦状態を維持しつつ媒体透明層の厚みムラ等による球面収差を補正するために、フォーカシングサーボと協同的に（しかし独立して）動作できるシックネスサーボが必要となる。

【0209】前述した、焦点ずれによる4分割セル上でのビームスポットの形状変化の仕方（縦長楕円～円～横長楕円）は、媒体透明層の厚みムラによる球面収差が発生しても維持される。このため、球面収差発生状況から独立して焦点ずれ（焦点ぼけ）を検出できる。逆に言えば、焦点ずれ検出と異なる方法を用いることにより、焦点ずれの状況から独立して、媒体透明層の厚みムラによる球面収差の発生状況を検出できるともいえる。このような球面収差発生状況の検出は、次のような構成により実現できる。

47

【0210】すなわち、図6のサブビームA検出用2分割セル94を構成するセルeの光検知出力は、プリアンプ205を介して加算器217の一方入力端および減算器221の－入力端に送られる。また、サブビームA検出用2分割セル94を構成するセルfの光検知出力は、プリアンプ206を介して加算器217の他方入力端および減算器221の＋入力端に送られる。同様に、図6のサブビームB検出用2分割セル96を構成するセルgの光検知出力は、プリアンプ207を介して加算器218の一方入力端および減算器222の－入力端に送られる。また、サブビームB検出用2分割セル96を構成するセルhの光検知出力は、プリアンプ208を介して加算器218の他方入力端および減算器222の＋入力端に送られる。

【0211】加算器217の出力($e+f$)はスイッチ241の一方入力端に送られ、減算器221の出力($f-e$)はスイッチ241の他方入力端に送られる。減算器221の出力($f-e$)は前述した差動プッシュプル信号の一部として利用するために反転増幅器231に送られる。加算器217の出力($e+f$)は後述するクロストークキャンセル信号の一部として利用するために反転増幅器233に送られる。同様に、加算器218の出力($g+h$)はスイッチ242の一方入力端に送られ、減算器222の出力($h-g$)はスイッチ242の他方入力端に送られる。減算器222の出力($h-g$)は前述した差動プッシュプル信号の一部として利用するために反転増幅器232に送られる。加算器218の出力($g+h$)は後述するクロストークキャンセル信号の一部として利用するために反転増幅器234に送られる。

【0212】スイッチ241は、サブビームA検出用2分割セル94を構成するセルeおよびセルfの検出和信号($e+f$)または検出差信号($f-e$)を選択して、振幅値検出部261に送る。振幅値検出部261は、選択された検出和信号($e+f$)または検出差信号($f-e$)の振幅を検出して、減算器225の－入力端に送る。同様に、スイッチ242は、サブビームB検出用2分割セル96を構成するセルgおよびセルhの検出和信号($g+h$)または検出差信号($h-g$)を選択して、振幅値検出部262に送る。振幅値検出部262は、選択された検出和信号($g+h$)または検出差信号($h-g$)の振幅を検出して、減算器225の＋入力端に送る。振幅値検出部261の出力[和信号($e+f$)または差信号($f-e$)の振幅値]は減算器225の－入力端に送られ、振幅値検出部262の出力[和信号($g+h$)または差信号($h-g$)の振幅値]は減算器225の＋入力端に送られる。

【0213】スイッチ241により和信号($e+f$)が選択されたときは、図6のサブビームAの集光スポットサイズ(スポット面積)に対応した値が、振幅値検出部261で検出される。同様に、スイッチ242により和

48

信号($g+h$)が選択されたときは、サブビームBの集光スポットサイズ(スポット面積)に対応した値が、振幅値検出部262で検出される。

【0214】この場合、減算器225からは、サブビームAの集光スポットサイズ(スポット面積)とサブビームBの集光スポットサイズ(スポット面積)とが同じになるときにゼロ(または極小)となるような信号が出力される。この減算器225からの出力信号は、位相補償回路273を介して駆動電流供給回路283に与えられる。駆動電流供給回路283は、減算器225からの出力信号がゼロ(または極小)となるような極性および大きさの駆動電流を、図6の厚みムラ補正用レンズ駆動コイル54に供給する。すると、サブビームAの集光スポットサイズ(スポット面積)とサブビームBの集光スポットサイズ(スポット面積)とが同じになるように、図6の厚みムラ補正用凹レンズ50および/または厚みムラ補正用凸レンズ52の位置が調整される。その結果、減算器225からの出力信号の大きさがゼロ(または極小)になれば、媒体透明層の厚みムラが補正されたことになる。(この厚みムラ補正の原理の詳細については、図8を参照して後述する。)この方法による厚みムラ補正は、媒体透明層厚みムラにより球面収差が発生すると、それに対応して集光スポットサイズ(面積または直径)が変化すること(図5(a)の横軸参照)を利用しているともいえる。

【0215】一方、サブビームA/Bの集光スポットの検出については、上記とは別の捉え方もできる。すなわち、別の見方をすると、減算器225からは、サブビームAの集光スポットの検出光量(スポット面積×単位面積当たりの明るさ)とサブビームBの集光スポットの検出光量(スポット面積×単位面積当たりの明るさ)とが同じになるときにゼロ(または極小)となるような信号が出力される。この減算器225からの出力信号は、位相補償回路273を介して駆動電流供給回路283に与えられる。駆動電流供給回路283は、減算器225からの出力信号がゼロ(または極小)となるような極性および大きさの駆動電流を、図6の厚みムラ補正用レンズ駆動コイル54に供給する。すると、サブビームAの集光スポットの検出光量とサブビームBの集光スポットの検出光量とが同じになるように、図6の厚みムラ補正用凹レンズ50および/または厚みムラ補正用凸レンズ52の位置が調整される。その結果、減算器225からの出力信号の大きさがゼロ(または極小)になれば、媒体透明層の厚みムラが補正されたことになる。

【0216】この方法による厚みムラ補正は、媒体透明層厚みムラにより球面収差が発生すると、それに対応して集光スポットの明るさ(光強度)が変化すること(図5(a)の縦軸参照)を利用しているともいえる。

【0217】上述した媒体透明層の厚みムラ補正の方法はウォブルトラックを持たない媒体(再生専用ディスク

49

ク)にも適用できるが、図6に示すようなウォブルトラックを持つ媒体(記録再生用ディスク)では、以下に述べるような方法で媒体透明層の厚みムラ補正を行うこともできる。この方法では、集光スポットサイズが小さいほどこのスポットで捉えたウォブル成分(ウォブル形状の変化分)が相対的に大きく検出されること、すなわち集光スポットサイズが小さく絞り込まれるほどウォブル成分を敏感に検出できること(あるいは大きなスポットサイズではウォブル形状の変化に鈍感となること)を利用している。

【0218】すなわち、スイッチ241により差信号

($f-e$)が選択されたときは、図6のサブビームAの集光スポットで検出されるウォブル成分(セルfでの検出成分とセルeでの検出成分のブッシュアップ合成値)が振幅値検出部261で検出され、スイッチ242により差信号($h-g$)が選択されたときは、サブビームBの集光スポットで検出されるウォブル成分(セルhでの検出成分とセルgでの検出成分のブッシュアップ合成値)が振幅値検出部262で検出される。

【0219】振幅値検出部261で検出されたウォブル成分($f-e$)の大きさは、図6のホログラム素子20Aにより予め球面収差が与えられている+1次光のサブビームAの球面収差と透明層厚みムラによる球面収差とが打ち消し合ってサブビームAの集光スポットサイズが小さくなると、大きくなる。逆に、振幅値検出部261で検出されたウォブル成分($f-e$)の大きさは、予め球面収差が与えられている+1次光のサブビームAの球面収差と透明層厚みムラによる球面収差とが加算し合ってサブビームAの集光スポットサイズが大きくなると、小さくなる。

【0220】一方、振幅値検出部262で検出されたウォブル成分($h-g$)の大きさは、図6のホログラム素子20AによりサブビームAとは逆極性の球面収差が予め与えられている-1次光のサブビームBの球面収差と透明層厚みムラによる球面収差とが加算し合ってサブビームBの集光スポットサイズが大きくなると、小さくなる。逆に、振幅値検出部262で検出されたウォブル成分($h-g$)の大きさは、予め逆極性の球面収差が与えられている-1次光のサブビームBの球面収差と透明層厚みムラによる球面収差とが打ち消し合ってサブビームAの集光スポットサイズが小さくなると、大きくなる。

【0221】以上のことから、振幅値検出部261で検出されたウォブル成分($f-e$)の大きさと振幅値検出部262で検出されたウォブル成分($h-g$)の大きさとの差分を減算器225でとれば、スイッチ241および242で加算器217および218の出力を選択したときと同様に、媒体透明層の厚みムラを補正するシックネスサーボを実現できるようになる。

【0222】すなわち、減算器225からの出力信号がゼロ(または極小)となるような極性および大きさの駆

50

動電流を、図6の厚みムラ補正用レンズ駆動コイル54に供給する。すると、サブビームA検出用の2分割セル94で検知され振幅値検出部261で振幅検出されたウォブル成分($f-e$)の大きさが、サブビームB検出用の2分割セル96で検知され振幅値検出部262で振幅検出されたウォブル成分($h-g$)の大きさと同じになるように、図6の厚みムラ補正用凹レンズ50および/または厚みムラ補正用凸レンズ52の位置が調整される。

10 【0223】サブビームA検出用の2分割セル94で検知され振幅値検出部261で振幅検出されたウォブル成分($f-e$)の大きさはサブビームAの集光スポットサイズ(スポット面積)に対応し、サブビームB検出用の2分割セル96で検知され振幅値検出部262で振幅検出されたウォブル成分($h-g$)の大きさはサブビームBの集光スポットサイズ(スポット面積)に対応しているので、減算器225からの出力信号の大きさがゼロ(または極小)になれば、サブビームAの集光スポットサイズ(スポット面積)とサブビームBの集光スポットサイズ(スポット面積)とが同じになる場合と同様なサーボ動作が行なわれ、媒体透明層の厚みムラが補正されたことになる。

【0224】前述したが、上記媒体透明層の厚みムラ補正を行うシックネスサーボとは異なる考え方で焦点ぼけを検出するフォーカシングサーボが可能である。このフォーカシングサーボでは、図4に示すような光学系ユニット70を、図6の光学系に適用する。このフォーカシングサーボによって、フォーカシングサーボとシックネスサーボとの間に大きな干渉を発生させることなく、互いに独立に安定したサーボを掛けることができる。この場合のフォーカシングサーボにおける焦点ぼけの検出は、以下の方法で行うこともできる。

【0225】すなわち、図6の厚みムラ補正用凹レンズ50、厚みムラ補正用凸レンズ52、および対物レンズ60の全体を図4の光学系ユニット70と捉えると、図6に示した光学系では、コリメートレンズ40A通過後の光は常に平行光として光学系ユニット70に入射される。対物レンズ60により集光される集光位置(図4の β)と媒体100の記録層の位置が一致している場合(焦点ぼけがない合焦状態)には、この記録層で反射し再び光学系ユニット70を通過した光は、厚みムラ補正用凸レンズ52と厚みムラ補正用凹レンズ50との間の間隔に依らず常に平行光となる。

【0226】一方、対物レンズ60による集光位置 β が媒体記録層位置よりも後方(対物レンズから離れる方向)に位置する場合には、記録層で反射し光学系ユニット70通過後の光は発散光となる。この状況では、厚みムラ補正用凸レンズ52と厚みムラ補正用凹レンズ50との間の間隔に依らず、常に発散光となる。逆に、対物レンズ60による集光位置 β が媒体記録層位置よりも前

51

方（対物レンズに近づく方向）に位置する場合には、記録層で反射し光学系ユニット 70 通過後の光は、常に収束光となる。

【0227】媒体記録層で反射し光学系ユニット 70 を通過した後の光の状態（平行光、発散光、あるいは収束光）は、図 6 のシリンドリカルレンズ 80 および光検出器 90 A の組み合わせ（あるいは後述する図 22 の焦点ばけ検出部 910）で検出できる。このような反射光の状態（平行光、発散光、あるいは収束光）を検出することにより、焦点ばけ状態（合焦状態、遠方への焦点ずれ状態、あるいは手前への焦点ずれ状態）を単独で検出することが可能となる。この焦点ばけ状態は、透明層の厚みムラ発生状況（球面収差発生状況）や厚みムラ補正用凸レンズ 52 と厚みムラ補正用凹レンズ 50 との間の間隔に依らず、安定に検出できる。

【0228】***再生信号検出回路系 300 について***

再生信号検出回路系 300 は、図 6 のメインビーム M により媒体記録層の記録マークを読み取った結果を、電気信号として出力する回路系である。

【0229】図 7 において、メインビーム M 検出用 4 分割セル 92 のセル b およびセル c の加算出力（ $b + c$ ）と、メインビーム M 検出用 4 分割セル 92 のセル a およびセル d の加算出力（ $a + d$ ）とが、加算器 215 において加算合成される。その結果、4 分割セル a～d 全ての検知結果に対応する信号（ $a + b + c + d$ ）が、加算器 215 から出力される。この信号（ $a + b + c + d$ ）は、隣接トラックからのクロストークを除去する処理を受けていない。この信号（ $a + b + c + d$ ）は、スイッチ 243 に入力される。このスイッチ 243 には、隣接トラックからのクロストークを除去する処理を受けた信号も入力されている。このクロストークを除去する処理を受けた信号は、以下の構成により得られる。

【0230】すなわち、クロストークを除去する処理を受けていない加算器 215 からの信号（ $a + b + c + d$ ）を遅延器 251 で第 1 の所定時間遅延させた第 1 の遅延信号が、加算器 219 に入力される。また、この加算器 219 には、サブビーム A 検出用セル 94 のセル e およびセル f の加算出力（ $e + f$ ）を反転増幅器 233 により所定の増幅度（ $-A3$ ）で反転増幅したあと遅延器 252 で第 2 の所定時間遅延させた第 2 の遅延信号（クロストークキャンセル信号）が、入力される。この加算器 219 にはさらに、サブビーム B 検出用セル 96 のセル g およびセル h の加算出力（ $g + h$ ）を反転増幅器 234 により所定の増幅度（ $-A4$ ）で反転増幅したあと遅延器 253 で第 3 の所定時間遅延させた第 3 の遅延信号（クロストークキャンセル信号）が、入力される。

【0231】図 6 に示すような配置の光検出器 90 A を用いると、サブビーム A による記録マークの検出タイミ

52

ングは、メインビーム M による記録マーク検出タイミングよりも、媒体記録面上におけるビームの位置ずれ分だけ先行する。一方、サブビーム B による記録マークの検出タイミングは、メインビーム M による記録マーク検出タイミングよりも、媒体記録面上におけるビームの位置ずれ分だけ遅れる。つまり、同じ記録マークが、サブビーム A とメインビーム M とサブビーム B とにより、異なる時間（異なるタイミング）で読み取られる。この時間ずれ（タイミングずれ）を同一時間軸となるように補正するのが、図 7 の遅延器 251 ないし 253 である。

【0232】一方、トラッキングサーボが正常に機能している場合においては、メインビーム M の検出信号（ $a + b + c + d$ ）に含まれる隣接トラック（メインビーム M がトレースするトラックの左右トラック）からのクロストーク成分の大きさは、通常は、サブビーム A の検出信号（ $e + f$ ）に含まれる右側トラック成分の大きさと異なり、かつサブビーム B の検出信号（ $g + h$ ）に含まれる左側トラック成分とも異なる。そのため、サブビーム A の検出信号（ $e + f$ ）およびサブビーム B の検出信号（ $g + h$ ）をメインビーム M の検出信号（ $a + b + c + d$ ）から単純に減算しただけでは、メインビーム M の検出信号（ $a + b + c + d$ ）に含まれる隣接トラックからのクロストーク成分を完全に打ち消す（あるいは最小化する）ことはできない。

【0233】そこで、サブビーム A の検出信号（ $e + f$ ）に対する反転増幅器 233 の増幅度 $A3$ およびサブビーム B の検出信号（ $g + h$ ）に対する反転増幅器 234 の増幅度 $A4$ を（実際の装置における実状に合わせて）調整し、メインビーム M の検出信号（ $a + b + c + d$ ）に含まれる隣接トラックからのクロストーク成分を、 $[-A3 \times (e + f)]$ および/または $[-A4 \times (g + h)]$ の合成により完全に打ち消す（あるいは最小化する）ことができるようにしている。

【0234】このようにして遅延器 251～253 の遅延時間調整および反転増幅器 233、234 の増幅度調整によりクロストークがキャンセルされたメインビーム M の検出信号（ $a + b + c + d$ ）、またはクロストークを除去する処理を受けていない加算器 215 からの検出信号（ $a + b + c + d$ ）のいずれか一方が、スイッチ 243 により選択されて、再生信号処理回路 291 に送られる。再生信号処理回路 291 では、検出信号（ $a + b + c + d$ ）を復調し、適宜エラー訂正を行い、情報媒体 100 に記録された情報ビットの内容に対応する再生出力を提供する。

【0235】なお、メインビーム M での検知結果に隣接トラックからのクロストークが実質的にない（あるいは隣接トラックからのクロストークの影響が無視できるレベルにある）ときは、加算器 215 からの検知結果（ $a + b + c + d$ ）を用いて再生出力を得るようにしてもよい。隣接トラックからのクロストークが実質的にない

53

(または無視できる)ときは、加算器215からの検知結果($a+b+c+d$)にクロストークキャンセル信号を混入させない方がよい結果が得られることがある。

【0236】図8は、図6の構成において、球面収差を利用したシックネスサーボがどのように具現されるかを概念的に説明する図である。

【0237】前述したように、サブビームAおよびサブビームBには、図6のホログラム素子20Aにより、互いに逆極性の球面収差が事前に与えられている。この場合、媒体透明層に厚みムラがないときは、サブビームAのスポットサイズとサブビームBのスポットサイズとが同じになる(あるいはサブビームAのスポットの明るさとサブビームBのスポットの明るさとが同じになる)ように調整されているとする(図8(b)参照)。

【0238】ここで、媒体透明層の厚みムラにより球面収差(メインビームM、サブビームAおよびサブビームBの全てに影響する)が発生した場合は、メインビームMに対して焦点が合っている位置でも、一方のサブビームでは球面収差が相殺し合って集光スポットサイズが小さくなり(あるいは球面収差が相殺し合って集光スポットが明るくなり)、他方のサブビームでは球面収差が加算されて集光スポットサイズが大きくなる(あるいは球面収差が加算されて集光スポットが暗くなる)(図5(a)、図8(a)(c)参照)。

【0239】すなわち、サブビームAに事前に与えられた球面収差が相殺されるような媒体透明層の厚みムラが生じたときは、図8(a)に示すように、サブビームAのスポットサイズは透明層厚みムラがないときのスポットサイズ(図8(b))よりも小さくなり(あるいはサブビームAのスポットは透明層厚みムラがないときよりも明るくなり)、サブビームBのスポットサイズは透明層厚みムラのないときのスポットサイズよりも球面収差の加算により大きくなる(あるいはサブビームBのスポットは透明層厚みムラがないときよりも暗くなる)。

【0240】逆に、サブビームBに事前に与えられた球面収差が相殺されるような媒体透明層の厚みムラが生じたときは、図8(c)に示すように、サブビームBのスポットサイズは透明層厚みムラがないときのスポットサイズ(図8(b))よりも小さくなり(あるいはサブビームBのスポットは透明層厚みムラがないときよりも明るくなり)、サブビームAのスポットサイズは透明層厚みムラのないときのスポットサイズよりも球面収差の加算により大きくなる(あるいはサブビームAのスポットは透明層厚みムラがないときよりも暗くなる)。

【0241】前述したように、集光スポットサイズは、小さい方がウォブルグループからの検出信号振幅が大きくなり、また記録マークあるいはエンボスピット(凹凸形状のピット)からの再生信号振幅も大きくなる。そこで、集光スポットサイズに対応した再生信号振幅の大小比較を行い、記録層面上でのサブビームA/Bのスポッ

54

トサイズのうちどちらが小さいか(あるいはどちらが大きいか)を検出すれば、球面収差検出を行なうことができる。そして、図8(b)に示すように記録層面上でのサブビームのスポットサイズが同じとなるように図6の厚みムラ補正用凹レンズ50および/または厚みムラ補正用凸レンズ52の位置あるいはそれらの間隔を調整すれば、球面収差を利用したシックネスサーボが実現される。

【0242】また、集光スポットは明るい方が対応する光検出セルの出力も大きくなる。そこで、サブビームA/Bの集光スポットの明るさに対応した信号の大小比較を行い、サブビームA/Bの集光スポットのどちらが明るい(あるいはどちらが暗いか)を検出しても、球面収差検出を行なうことができる。そして、サブビームA/Bの集光スポットの明るさが同じとなるように図6の厚みムラ補正用凹レンズ50および/または厚みムラ補正用凸レンズ52の位置あるいはそれらの間隔を調整すれば、球面収差を利用したシックネスサーボが実現される。

【0243】上記の球面収差検出方法(2つのサブビームA/Bを利用)を用いたシックネスサーボは、前述した4分割セルa~d上での集光スポット形状変化の検出(メインビームMを利用)を用いたフォーカシングサーボとは全く異なる検出原理を利用しているので、両者のサーボ系を独立・分離して構成することができる。

【0244】***図6ないし図8の構成についてのまとめ***

図6の構成要素10~90を含んで構成される光学ヘッドでは、シリンダリカルレンズ80を用いた非点収差法による焦点ぼけ検出を行っている。すなわち、メインビームMが照射されるメインビームM検出用セル92の4分割光検出セルa~d間で検出された検出光量に対して、フォーカシングサーボ系600の内部で対角セル間の2つの和($a+c$ 、および $b+d$)の差をとることで、焦点ぼけ量を検出している。

【0245】また、媒体透明層の厚みムラ(厚み誤差)は、サブビームAおよびサブビームBそれぞれの反射光が照射される2つのサブビーム検出用セル94および96において、2分割光検出セル($e+f$ 、および $g+h$)で検出された検出光量から検出している。

【0246】すなわち、情報媒体100の透明層の厚みにムラ(誤差)が生じると、メインビームMは、透明層の厚みムラにより発生する球面収差を含んだ集光スポット強度分布(図5参照)を持つ。一方、透明層の厚みムラにより発生する球面収差はサブビームAおよびサブビームBにも加算されるが、前述したようにサブビームAおよびサブビームBにはそれぞれ逆極性の球面収差が事前に与えられている。このため、透明層の厚みムラにより発生する球面収差により、サブビームAおよびサブビームBのいずれか一方は球面収差量が相殺され、他方は

55

球面収差量が増大するようになる(図8(a)(c)参照)。

【0247】情報媒体100からの再生信号振幅は、球面収差が小さいサブビームからの再生信号の方が大きくなるので、両者(サブビームAおよびサブビームB)の再生信号振幅値を比較することで、透明層の厚みムラ量(厚み誤差量)とその誤差の発生方向(基準より厚い方向の誤差なのか薄い方向の誤差なのか)を検出できる。すなわち、情報媒体100の記録領域では、互いに段差を持って構成されるランドLとグループGとの間の境界面は、ウォブル形状(ウォブルグループ)を持つ。そこで、透明層の厚みムラ検出・補正制御回路系500内において、プリアンプ205と206との間の検出信号の差およびプリアンプ207と208との間の検出信号の差を減算器221および222で算出して、ウォブルグループからの検出信号差を求めることにより、透明層の厚み誤差量を検出している。

【0248】なお、情報媒体100の再生領域に微細な凹凸形状(エンボス)のビット列が存在しており、ここから透明層の厚み誤差量を検出する場合には、加算器217および218で換算された再生信号振幅を比較すればよい。

【0249】上記方法で検出された信号を元に、厚みムラ補正凸レンズ駆動用コイル54に制御電流を流して厚みムラ補正用凸レンズ50と厚みムラ補正用凹レンズ52との間隔を変えることにより、透明層厚みムラによる球面収差とは逆方向の球面収差を光学ヘッドのレンズ側で発生させて、透明層の厚みムラによる収差を補正できる。

【0250】それ以外に、媒体透明層の厚みムラ(厚み誤差)を検出する構成(光学系および電気回路系)の一部は、記録マークからの再生信号に対するクロストーク打ち消しおよび/または差動プッシュプル法によるトラックずれ検出に利用できる。

【0251】図9は、焦点はけ補正なし(デフォーカス補正なし;収差なしの状態において対物レンズ中央で合焦・ジャストフォーカスに固定)で球面収差のみを与えたときに、集光スポットの特性(相対的中心強度、スポット幅)がどのように変化するかを説明するグラフ図である。

【0252】図9において、左上がりの実線カーブは球面収差量 $W_{40}(\lambda)$ に対する集光スポットの相対的中心強度の変化を示し、左側の縦軸が集光スポットの中心強度比率(スポット中心で最大1)を示している。

【0253】この左上がり実線カーブは、次のことを示している。すなわち、集光スポットの相対的中心強度は、球面収差量 $W_{40}(\lambda)$ がゼロ(球面収差なし)のときに最大の“1”となり、球面収差量 $W_{40}(\lambda)$ が大きくなるほど低下する。また、球面収差量 $W_{40}(\lambda)$ が0.2 λ ~0.8 λ の間では、球面収差量 $W_{40}(\lambda)$ の

56

変化に対する集光スポット中心強度の変化率が大きい。つまり、球面収差量 $W_{40}(\lambda)$ が0.2 λ ~0.8 λ の間では、集光スポット中心強度の変化から、球面収差の発生量を高感度で検出できる(カーブの傾きが大きい部分ほど検出感度が高い)。球面収差量 $W_{40}(\lambda)$ が0.2 λ 以下あるいは0.8 λ 以上では、球面収差量 $W_{40}(\lambda)$ が変化しても集光スポット中心強度はあまり変化しないので、球面収差発生量の検出感度は低くなる。

【0254】図9において、傾きが大きい右上がりの破線カーブは球面収差量 $W_{40}(\lambda)$ に対する集光スポットの5%幅の変化を示し、右側の縦軸はこの集光スポット幅の変化率を示している。ここで、集光スポットの5%幅とは、集光スポットの中心光強度を100%としたときに、光強度が5%となる部分のスポットの広がり範囲の幅をいう。

【0255】この右上がり破線カーブは、次のことを示している。すなわち、集光スポットの5%幅は、球面収差量 $W_{40}(\lambda)$ が大きくなるほど増加する。球面収差量 $W_{40}(\lambda)$ が0.3 λ ~0.8 λ の間では、球面収差量 $W_{40}(\lambda)$ の変化に対する集光スポットの5%幅の変化率は比較的大きい。球面収差量 $W_{40}(\lambda)$ が0.4 λ ~0.7 λ の間では、球面収差量 $W_{40}(\lambda)$ の変化に対する集光スポットの5%幅の変化率はより大きい。つまり、球面収差量 $W_{40}(\lambda)$ が0.4 λ ~0.7 λ の間では、集光スポットの5%幅の変化から、球面収差の発生量を高感度で検出できる。球面収差量 $W_{40}(\lambda)$ が0.3 λ ~0.4 λ 以下では球面収差発生量の検出感度が下がる。一方、球面収差量 $W_{40}(\lambda)$ が0.7 λ ~0.8 λ 以上では集光スポットの相対的中心強度が小さくなるため、集光スポットが暗くなる。すると集光スポットの5%幅を高いS/N比で検出することが困難となり、検出精度が落ちる。

【0256】図9において、傾きが小さい右上がりの破線カーブは球面収差量 $W_{40}(\lambda)$ に対する集光スポットの $e-2$ 幅の変化を示し、右側の縦軸はこの集光スポット幅の変化率を示している。ここで、集光スポットの $e-2$ 幅とは、集光スポットの中心光強度を“1”としたときに、光強度が「 $\exp(-2)$ 」の値(0.135334...)となる部分のスポットの広がり範囲の幅をいう。「 $e-2$ 幅」の「 e 」とは、指数関数(exponential)を指す。

【0257】この右上がり破線カーブは、次のことを示している。すなわち、集光スポットの $e-2$ 幅は、球面収差量 $W_{40}(\lambda)$ が大きくなるほど増加する。球面収差量 $W_{40}(\lambda)$ が0.4 λ ~0.6 λ の間では、球面収差量 $W_{40}(\lambda)$ の変化に対する集光スポットの $e-2$ 幅の変化率は大きい。つまり、球面収差量 $W_{40}(\lambda)$ が0.4 λ ~0.6 λ の間では、集光スポットの $e-2$ 幅の変化から、球面収差の発生量を高感度で検出できる。球面収差量 $W_{40}(\lambda)$ が0.4 λ 以下では球面収差発生量の

検出感度が下がる。一方、球面収差量 W_{40} (λ) が0.6 λ 以上では集光スポットの相対的中心強度が小さくなるため、集光スポットが暗くなる。すると集光スポットのe-2幅を高いS/N比で検出することが困難となり、検出精度が落ちる。

【0258】図9において、右上がりの実線カーブは球面収差量 W_{40} (λ) に対する集光スポットの半値幅の変化を示し、右側の縦軸はこの集光スポット幅の変化率を示している。ここで、集光スポットの半値幅とは、集光スポットの中心光強度を100%としたときに、光強度が50%となる部分のスポットの広がり範囲の幅をいう。

【0259】この右上がりの実線カーブは、次のことを示している。すなわち、集光スポットの半値幅は、球面収差量 W_{40} (λ) が大きくなるほど増加する。球面収差量 W_{40} (λ) が0.5 λ ~ 0.7 λ の間では、球面収差量 W_{40} (λ) の変化に対する集光スポットの半値幅の変化率は大きい。つまり、球面収差量 W_{40} (λ) が0.5 λ ~ 0.7 λ の間では、集光スポットの半値幅の変化から、球面収差の発生量を高感度に検出できる。球面収差量 W_{40} (λ) が0.5 λ 以下では球面収差発生量の検出感度が下がる。一方、球面収差量 W_{40} (λ) が0.7 λ 以上では集光スポットの相対的中心強度が小さくなるため、集光スポットが暗くなる。すると集光スポットの半値幅を高いS/N比で検出することが困難となり、検出精度が落ちる。

【0260】図9は、図6または図8で示したサブビームAおよびサブビームBに対して図6のホログラム素子20Aにより事前に与えるべき球面収差をどの程度にすればよいかの指針を含んでいる。言い換えると、集光スポットの光強度をある程度以上確保でき、また球面収差量 W_{40} (λ) に対する集光スポット中心強度の変化率あるいは集光スポット幅の変化率をある程度以上の大きさに確保できるような球面収差を、サブビームAおよびサブビームBに対して事前に与えるための具体的な判断材料が、図9に示されている。

【0261】具体的には、図9から、集光スポットの光強度をある程度以上確保できる球面収差量として W_{40} (λ) を0.8 λ 以下とし、球面収差量 W_{40} (λ) に対する集光スポット中心強度の変化率をある程度以上の大きさに確保できる収差量として W_{40} (λ) を0.2 λ 以上0.8 λ 以下とすることが考えられる。

【0262】さらに、集光スポット幅の変化率を加味すると、サブビームAおよびサブビームBに対して事前に与えるべき好ましい球面収差量 W_{40} (λ) として、0.3 λ ~ 0.7 λ の範囲から選ぶことが考えられる。より好ましくは、球面収差量 W_{40} (λ) として、0.4 λ ~ 0.6 λ の範囲から選ぶことが考えられる。

【0263】図10は、図6の構成から、互いに独立したシックネスサーボ系およびフォーカシングサーボ系を

抽出して示すブロック図である。

【0264】図10において、レーザ光源10から出力されたレーザビームは、ビームスプリッタ30および媒体透明層の厚みムラ（屈折率ムラ）補正機構を介して、対物レンズ60に送光される。ここで、厚みムラ（屈折率ムラ）補正機構は、図6の厚みムラ補正用凹レンズ50、厚みムラ補正用凸レンズ52、および厚みムラ補正用レンズ駆動コイル54を含んで構成されている。

【0265】対物レンズ60で集光されたレーザビームは、光ディスク（情報媒体）100の透明保護層を介して記録層の面上に送られ、そこで反射される。媒体記録層で反射されたレーザビームは、対物レンズ60および透明層厚みムラ補正機構（50、52、54）を介してビームスプリッタ30に戻され、ビームスプリッタから波面収差検出部900および焦点ぼけ検出部910に送られる。ここで、波面収差検出部900は、図6のサブビーム検出用セル94および96とその周辺パーツに対応している。また、焦点ぼけ検出部910は、図6のメインビーム検出用セル92とその周辺パーツに対応している。

【0266】焦点ぼけ検出部910は、図6のシリンドリカルレンズ80および4分割セルa~dを用いて（非点収差を利用して）焦点ぼけを検出し、その検出結果を焦点ぼけ検出・補正制御回路系600に送る（非点収差を利用した焦点ぼけの検出方法については図7の説明を参照）。焦点ぼけ検出・補正制御回路系600は、焦点ぼけの検出結果に基づきアクチエータ（図6の駆動コイル62）を駆動して、対物レンズ60からの集光ビームが媒体記録層面上で合焦状態となるような制御を行う。

【0267】一方、媒体透明層の厚みムラおよび/または屈折率ムラが発生すると、球面収差（または波面収差）が発生する。この球面収差（波面収差）は、焦点ぼけ検出部910から完全に独立した波面収差検出部900で検出される（球面収差の検出方法については図8以前の説明を参照）。波面収差検出部900で検出された球面収差（波面収差）に相当する信号は、透明層厚みムラ検出・補正制御回路系500に送られる。透明層厚みムラ検出・補正制御回路系500は、検出された球面収差（波面収差）に相当する信号の大きさが最小となるように、透明層厚みムラ補正機構（50、52、54）内のアクチエータ（図6の駆動コイル54）を駆動する。その結果、媒体透明層の厚みムラおよび/または屈折率ムラの影響が打ち消されるように、透明層厚みムラ補正機構（50、52、54）の光学的な内部状態（発散光/平行光/収束光といった光線の状態；図3、図4参照）が変更される。

【0268】ここで、透明層厚みムラ補正機構（50、52、54）の光学的な内部状態が変更されると焦点ぼけも発生するが、この焦点ぼけは、波面収差検出部900とは独立別個の焦点ぼけ検出部910で、球面収差

(波面収差)とは別個に(非点収差を利用して)検出される。そのため、媒体透明層の厚みムラおよび/または屈折率ムラを打ち消すサーボ動作(シックネスサーボ動作)を妨害することなく、透明層厚みムラ補正機構(50、52、54)の光学的な内部状態変化などに伴う焦点ぼけが、フォーカシングサーボ動作により、除去されもしくは最小限に抑制される。

【0269】ところで、媒体透明層の厚みムラおよび/または屈折率ムラが打ち消されるように透明層厚みムラ補正機構(50、52、54)の光学的な内部状態が変更された結果、波面収差検出部900で検出された球面収差(波面収差)に相当する信号は、ある極小値に収束する。この収束時の極小値はゼロとはならず、ある有限値となる。この有限値を「残留偏差」と呼ぶことにすると、この残留偏差は、媒体透明層の厚みムラおよび/または屈折率ムラに比例し、シックネスサーボ系のサーボゲインGに反比例する性質を持つ。

【0270】いま、媒体透明層の屈折率ムラによる球面収差発生量が媒体透明層の厚みムラによる球面収差発生量よりもずっと小さい、つまり媒体透明層の屈折率ムラを実質的に無視できる状況にあるとする。この場合は、上記シックネスサーボ系の残留偏差は、媒体透明層の厚みムラを示すようになる。すなわち、この残留偏差は、媒体透明層の厚みムラをシックネスサーボ系のサーボゲインGで割った値に比例する(比例係数を適当に選べば、残留偏差=厚みムラ÷サーボゲインGとなる)。

【0271】図10は、次のことを示唆している。すなわち、媒体透明層の厚みムラによる球面収差はシックネスサーボにより除去(もしくは抑制)され、このシックネスサーボとは独立したフォーカシングサーボにより(球面収差の発生状況如何によらず)焦点ぼけが除去(もしくは抑制)され、かつ、厚みムラによる球面収差および焦点ぼけが除去(もしくは抑制)された状態でのシックネスサーボ系の残留偏差から、媒体透明層の厚みムラの発生量も分かる。

【0272】図10の構成は、情報媒体(光ディスク)100の透明保護層の厚みムラの影響を補償するメカニズムを持った光学ヘッドに適用できる。この光学ヘッドは、焦点ぼけ(フォーカシング)検出部910および波面収差(球面収差)検出部900を有している。この光学ヘッドを備えた光ディスクドライブは、フォーカシングサーボ系回路600および波面収差を抑制するシックネスサーボ系回路500を持つ。すなわち、図10の構成を備えた光ディスクドライブでは、フォーカシングサーボとシックネスサーボとが互いに独立して動作できるようになっている。

【0273】図10(あるいは後述する図19もしくは図22)に示すような構成の光学ヘッドを備えた光ディスクドライブは、分割された光検出器の和出力および差出力が計測されるトラッキングチャネルを持つ。その信

号計測中においては、光ビームの焦点と記録層(または光反射層)との間の軸回り(円周方向)トラッキングエラー $e_{\max. (axial)}$ は、 $\pm 0.10 \mu m$ 以内に抑えられる。また、そのときの半径方向トラッキングエラー $e_{\max. (radial)}$ は、 $\pm 0.010 \mu m$ 以内に抑えられる。なお、上記 $e_{\max. (axial)}$ および $e_{\max. (radial)}$ の最終的な数値は、ディスクの製造性、メカニズム機構精度などを考慮に入れたシステム全体のマージン配分設定が行われたあとに決定される。

【0274】さらに、使用ビームの波長を λ としたときに、透明保護層(2層ディスクではスペース層も含めて)の球面収差 $e_{ave. \max.}$ は、 $0.015 \lambda \text{ rms}$ 以内に抑えることが望ましい。以下、この点について説明を続ける。

【0275】マレシャルの評価基準(Marechal criterion)は、一般的な光学システムの波面収差は $0.07 \lambda \text{ rms}$ 以下にするとよいことを示している。書替可能なDVDでは、この波面収差は2つに分けられる。第1の波面収差は、光学ヘッドの収差であり、第2の波面収差は光ディスクと光学ヘッドとの間のインターフェイス(ディスクの透明保護層など)における収差である。各波面収差は、同じ値(たとえば、マレシャルの評価基準で与えられた $0.07 \lambda \text{ rms}$ のほぼ半分)に相当する $0.033 \lambda \text{ rms}$ とされる。

【0276】書替可能なDVDの規格書では、波面収差に対して同じコンセプトを持っている。ザイデルの収差(Seidel's aberration)内には通常2つの収差グループが存在する。第1のグループに属するものとしてはコマ収差と傾斜入射ビームがあり、第2のグループに属するものとしては球面収差と非点収差と焦点ぼけ(デフォーカシング)がある。同じグループ内の収差は相互に影響し合うが、異なるグループの収差間では相互影響は小さい。

【0277】トータルでみた収差の平方自乗平均値(RMSまたは rms)値は、上記2グループの平方平均から算出できる。波面収差の rms 値は、第1および第2のグループ間で、1:2に分割できる(第1グループ=1:第2グループ=2)。このことから、前記 $0.033 \lambda \text{ rms}$ は、 $0.015 \lambda \text{ rms}$: $0.030 \lambda \text{ rms}$ に分割される。球面収差とデフォーカシングとの間の影響を考慮すると、前記ディスクの透明保護層の厚みムラ(および/または透明保護層の屈折率ムラ)を抑えるシックネスサーボは、上記 $0.015 \lambda \text{ rms}$ 以下の収差を実現できるようなものであることが望まれる。

【0278】上記シックネスサーボと収差との関係について、さらに説明を続ける。

【0279】尾上守夫他:光ディスク技術(1988年:ラジオ技術社)pp. 54~55によると、一般の光学系において安定に結像する限界値は、マレシャルの評価基準と呼ばれ、トータル波面収差のRMS(Root M

ean Square) 値 W_{rms} により、

$$W_{rms} \leq 0.07 \lambda_{rms}$$

(但し、 λ は使用波長) として知られている。

【0280】この発明においては、厚み補正（シックネスサーボ）における残留偏差量を上記（1）式の値に基づいて設定している。

【0281】しかし、波面収差量としては、透明層の厚みムラに起因する球面収差以外に、焦点ぼけ、コマ収差、レーザ光源の非点隔差に基づく非点収差などが存在する。そこで、収差に対するマージン配分方法として *10

$$W_{crms} \leq 0.035 \lambda_{rms}$$

と設定することも可能である。

【0283】さらに（2）式の値を球面収差の残留偏差 *10

$$W_{crms} \leq 0.017 \lambda_{rms}$$

とすることもできる。

【0284】この発明の一実施の形態においては、厚み補正（シックネスサーボ）における残留偏差量を（1）式で定義したが、より一層の記録または再生の安定化と高信頼性を目指した場合には、（2）式または（3）式で定義される残留偏差量を採用する方が望ましい。 *20

$$W_{40d} = [(n^2 - 1) / 8 n^3] \cdot (NA)^4 \cdot \delta d \quad \dots (4)$$

で与えられる。

【0286】また、透明層の厚みを d としたとき、透明 *

$$W_{40n} = [d \cdot (NA)^4 / 8 n^3] \times \{-(n^2 - 3) \cdot (\delta n / n) + (n^2 - 6) \cdot (\delta n / n)^2\} \quad \dots (5)$$

となる。

$$W_{40} = W_{40d} + W_{40n}$$

で求まる。

【0288】さらに、M. Born, E. Walf: 光学の原理II 30 (東海大学出版会、1975年) p. 701によると、

$$W_{40} = (0.94 / 0.07) W_{crms} \quad \dots (7)$$

となっている。

【0289】この発明の一実施の形態では、厚み補正（シックネスサーボ）における残留偏差量を（1）式～（3）式で表すような波面収差の rms 値で規定したが、それに限らず、（7）式で示すような球面収差係数（ W_{40} ）で定義することもできる。さらに、（4）式～

$$\delta d = \{ [0.94 \times 8 n^3] / [0.07 \times (n^2 - 1) \times (NA)^4] \} \times W_{crms} \quad \dots (8)$$

を用いて規定できる（ここでは、屈折率の増分 δn に対する球面収差係数 W_{40n} を無視できるものとし、 $W_{40} = W_{40d}$ としている）。

【0291】また厚み補正（シックネスサーボ）におけるサーボゲインを G とすると、（8）式の G 倍以内の情報媒体透明層の厚みムラまで、（使用する光学系で安定な結像を得るための限界として）許容できるようにな

$$\delta d = \{ [0.94 \times 8 n^3] / [0.07 \times (n^2 - 1) \times (NA)^4] \} \times (G \cdot W_{crms}) \quad \dots (9)$$

と設定できる。

... (1)

*は、対物レンズの傾きに起因するコマ収差やレーザ光源の非点隔差に基づく非点収差を持つ光学ヘッドの許容収差と、厚み補正（シックネスサーボ）後の情報媒体に基づく球面収差の残留偏差とで（1）式の値を2分割することが考えられる。

【0282】この場合は、球面収差の残留偏差値として、

... (2)

*値と焦点ぼけにより発生する波面収差とで2分割し、

... (3)

★【0285】また、尾上守夫他：光ディスク技術（1988年：ラジオ技術社）p. 62によると、透明層の屈折率を n 、対物レンズの開口数 NA 値を NA としたとき、透明層の厚みムラ δd に対する球面収差係数 W_{40d} は、

$$W_{40d} = [(n^2 - 1) / 8 n^3] \cdot (NA)^4 \cdot \delta d \quad \dots (4)$$

☆層の屈折率の増分 δn に対する球面収差係数 W_{40n} は、

◆ ◆ 【0287】また、全体の球面収差係数 W_{40} は、
... (6)

球面収差係数 W_{40} と球面収差による波面収差の rms 値

W_{crms} との関係は、

$$W_{40} = (0.94 / 0.07) W_{crms} \quad \dots (7)$$

（6）式を用いて、厚み補正（シックネスサーボ）後の擬似的な取り残し厚み誤差量 δd で、厚み補正（シックネスサーボ）における残留偏差量を定義しても良い。

【0290】すなわち、（4）式および（7）式から、厚み誤差表示における残留偏差量 δd は、

る。この G は、透明層の厚みムラもしくは屈折率ムラにより生じる光学的収差量に対する補正機能の働き具合の大きさを示すパラメータとなる。この補正機能は、 W_{crms} で表される。

【0292】この場合、（8）式を用いて、情報媒体の透明層の厚みムラ最大許容量を、

50 【0293】ここで、安定なサーボ動作を確保できる限

りにおいては、サーボゲイン G の大きさに上限はない。とはいえ、実用上は、 G の値は、2 倍～10000 倍、あるいは 6 dB～80 dB の間の適当な値に（他のサーボ動作との兼ね合い等も考慮して）選ばれる。

【0294】以上の式において、透明層の屈折率 n の具体例としては、波長 λ が 650 nm では $n=1.55$ 程度、波長 λ が 405 nm では $n=1.62$ 程度を挙げることができる。また、対物レンズの NA 値の具体例としては、0.6 ないし 0.9 の範囲、より好ましくは 0.65 ないし 0.85 の範囲（または $NA \geq 0.65$ ）を 10 挙げる事ができる。

【0295】シックネスサーボが機能する図 6 あるいは図 10 の構成に（9）式を適用すれば、球面収差の残留偏差値（ $W_{c rms}$ ）すなわちシックネスサーボの残留偏差の G 倍が、媒体透明層の厚みムラ（ δd ）となる。この厚みムラ（ $\delta d = G \cdot W_{c rms}$ ）の最大値が所定の規格値（たとえば $\pm 10 \mu m$ ）以下に抑えられておれば、その媒体（光ディスク）を用いて正常な記録／再生が可能となる。

【0296】この点について、もう少し具体的に説明する。媒体透明層の厚みムラ（ $W_{c rms}$ ）が $0.07 \lambda rms$ 以下のときは（ $\lambda = 405 \text{ nm}$ では $0.07 \lambda = 28 \text{ nm}$ ）、シックネスサーボのサーボゲイン $G=1$ でも正常な記録／再生が可能となる。しかし、媒体透明層の厚みムラを量産ディスクにおいて 28 nm 以下に管理するのは、歩留まり等の点から、今のところ難しい。

【0297】一方、サーボゲイン G がたとえば 400～500 位あれば、媒体透明層の厚みムラ（ $W_{c rms}$ ）を $0.07 \lambda \times 400 \sim 500 = 28 \lambda \sim 35 \lambda$ まで許容しても（ $\lambda = 405 \text{ nm}$ では、 $28 \lambda = 11 \mu m$ 、 $35 \lambda = 14 \mu m$ ）、正常な記録／再生が可能となる。 30

【0298】さらに、たとえば $G=1000 \sim 10000$ ならば、媒体透明層の厚みムラ（ $W_{c rms}$ ）を $70 \lambda \sim 700 \lambda$ まで許容しても（ $\lambda = 405 \text{ nm}$ では、 $70 \lambda = 28 \mu m$ 、 $700 \lambda = 280 \mu m$ ）、正常な記録／再生が可能となる。つまり、サーボゲイン $G=1000$ で安定な動作をするシックネスサーボ系を設計すれば、媒体透明層の厚みムラが $28 \mu m$ あっても正常な記録／再生が可能となる。さらに、サーボゲイン $G=1000$ で安定な動作をするシックネスサーボ系を設計でき 40

【0299】 $\lambda = 405 \text{ nm}$ のレーザを記録／再生に用いる装置のシックネスサーボ系が $G=400 \sim 500$ のサーボゲインを持つとすれば、上述したように $11 \mu m \sim 14 \mu m$ までの厚みムラに対処できるので、この装置で用いる媒体透明層の厚みムラ許容値は、 $\pm 10 \mu m$ に抑えておけば十分となる。

【0300】上述したように、大きなサーボゲイン G を持つシックネスサーボ系を備えたこの発明の装置（図 6 50

あるいは図 10 に示すような構成を含む光ディスクドライブ等）を用いれば、媒体透明層の厚みムラ許容値（大量生産される媒体の透明層厚みムラの管理上の許容値）を大きくできるので、媒体の歩留まりを大幅に改善でき、媒体の製造単価を引き下げることができる。

【0301】図 11 は、焦点ぼけ補正なし（収差なしの状態において対物レンズ中央で合焦・ジャストフォーカスに固定）でコマ収差のみを与えたときに、記録面上に生じる集光スポットの強度分布がコマ収差によりどのように変化するかを説明するとともに、コマ収差を与えたときの集光スポットにどのようなサイドローブが生じるかを例示する図である。

【0302】コマ収差を与えないときは、図 11（a）中の実線（コマ収差なし）で例示するように、媒体記録面上におけるレーザビームの集光スポットの光強度分布は、そのスポット面の中央を中心にして、単峰のピーク（メインピーク）を持つ。この場合の単峰ピークの幅は、相対的に狭い。ここでいう「幅」とは、集光スポットの中央ピークを“1”とした場合の相対的な光強度が所定値以下になるときの、集光スポット面中心からの距離 $\times 2$ に相当する幅をいう（具体的には、図 9 で述べた 5% 幅、 $e-2$ 幅、あるいは半値幅などに対応）。

【0303】一方、コマ収差を少し与えると、図 11（a）中の破線（コマ収差（小）あり）で例示するように、集光スポット面中央の中心光強度（メインピーク）はコマ収差なしの場合に比べて少し低下し、メインピークの幅が少し広がり、かつメインピークの脇にサイドローブと呼ばれる小さなサブピークが生じるようになる。このコマ収差によるサイドローブは、図 11（b）に例示するように、スポット形状が円形（状況により楕円形もしくは涙滴形）のメインピークの脇に隣接して、その一部を取り囲むような位置に、バナナのような形状で生じる。

【0304】さらに大きなコマ収差を与えると、図 11（a）中の細かい破線（コマ収差（大）あり）で例示するように、集光スポット面中央の中心光強度（メインピーク）はコマ収差小の場合に比べてさらに低下し、メインピークの幅もさらに広がる。この場合、サイドローブ（サブピーク）の光強度は、コマ収差小の場合よりも大きくなる。

【0305】いま、レーザビームが媒体記録層面に垂直に入射する（または媒体記録層面と対物レンズが平行している）場合に上記コマ収差によるサイドローブが発生しない（またはサイドローブが最小となる）ように光学ヘッドが設計・製作されているとする。この場合、レーザビームが媒体記録層面に垂直に入射しない（または媒体記録層面と対物レンズが平行していない）場合に、上記コマ収差によるサイドローブが発生（または増大）する。

【0306】このコマ収差によるサイドローブは、媒体

65

記録層面上の法線とレーザービームとの間の傾き角度（あるいは媒体記録層面と対物レンズとの間の傾き角度）が大きくなるほど増大する。つまり、このコマ収差の大小によるサイドローブの発生状況は、媒体記録層面上の法線とレーザービームとの間のチルト角に依存して変化する。このチルト角の変化に応じて、レーザービームの集光スポットの光強度およびその幅も変化する。

【0307】すなわち、媒体記録層面におけるコマ収差発生状況（コマ収差の大小に応じたメインピークの幅および／または強度の変化、コマ収差の大小に応じたサイドローブの発生の有無およびサイドローブの強度および／または大きさの変化など）から、媒体記録層面と対物レンズとの平行度（または傾き具合）を検知できることになる。換言すれば、情報媒体（光ディスク）のその発生状況（またはチルトの発生状況）を、媒体記録層面におけるコマ収差発生状況から捉えることができる。

【0308】図12は、コマ収差によるサイドローブを伴う複数のサブビームで挟まれたメインビームが、媒体記録層面上にどのような集光スポットを形成するかを説明するとともに、これらの集光スポットの状態を検出する光検出用セル群を例示する図である。

【0309】図12(a)の中央に示すメインビームMは、レーザービームの0次光である。メインビームMを挟むサブビーム1およびサブビーム2は、第1のホログラム素子によりレーザービームから取り出された±1次光である。また、サブビーム1およびサブビーム2を挟む外側のサブビーム3およびサブビーム4は、第2のホログラム素子によりレーザービームから取り出された別の±1次光である。また、Gは光ディスク（情報媒体）のウォブリックされたグルーブトラックを指し、Lはウォブリックされたランドトラックを指す。

【0310】図12(a)の左右方向（ディスクのラジアル方向）の傾き（ラジアルチルト）は、サブビーム1およびサブビーム2のコマ収差発生状況（コマ収差の大小に応じた各サブビーム中央の集光スポット幅および／またはその強度の変化、サイドローブの強度変化など）に基づいて捉えることができる。

【0311】同様に、図12(a)の上下方向（ディスクのタンジェンシャル方向）の傾き（タンジェンシャルチルト）は、サブビーム3およびサブビーム4のコマ収差発生状況（コマ収差の大小に応じた各サブビーム中央の集光スポット幅およびその強度の変化、サイドローブの強度変化など）に基づいて捉えることができる。

【0312】図12(a)に示されるメインビームMの光学的収差発生状況（波面収差または球面収差）および光強度変化などは、図12(b)のメインビーム検出用セル（4分割セルa～d）92により検出できる。また、図12(a)に示されるサブビーム1～サブビーム4それぞれの光学的収差発生状況（コマ収差）および光強度変化などは、図12(b)のサブビーム検出用セル

66

（2分割セルe～l）93～99により検出できる。

【0313】図13は、コマ収差によるサイドローブを伴う複数のサブビームを利用して情報媒体（光ディスク）のそり（ディスク半径方向のラジアルチルトおよびディスク円周方向のタンジェンシャルチルト）の影響を抑制する手段（チルトサーボ系）を備えた装置（光ディスクドライブまたは記録／再生装置の要部）の構成を説明する図である。図13の装置構成は、図6の装置構成にコマ収差を利用したチルトサーボ系を加えたものに相当する。そのため、以下では、コマ収差およびチルトサーボに関する部分を中心に説明する。

【0314】レーザーダイオードなどで構成されるレーザー光源10で発行されたレーザービームは、コリメートレンズ40Bにより平行光に変換され、変換された平行光レーザービームはホログラム素子20Bに入射する。このホログラム素子20Bの表裏両面には、それぞれ異なるホログラムが形成されている。これらのホログラムは、入射されるレーザービームに所定の光学的収差（ここではコマ収差）を与えるために設けられている。

【0315】このホログラム素子20Bにより回折されない0次の直進光は、図6と同様な構成の光学系を通じて、媒体記録層面上に、メインビームMの円形集光スポットを形成する。ここで、図13の光学系（50～60）は図6の光学系（50～60）と同様に構成できるが、図13ではさらにチルトサーボのためのアクチュエータ（ラジアルチルト補正用駆動コイル72およびタンジェンシャルチルト補正用駆動コイル74）が設けられている。すなわち、ラジアルチルト補正用駆動コイル72への通電量および通電方向を変えることにより、図13の光学系（50～60）の媒体（ディスク）半径方向への傾き方向および傾き量を自由に変更できる。また、タンジェンシャルチルト補正用駆動コイル74への通電量および通電方向を変えることにより、図13の光学系（50～60）の媒体（ディスク）円周方向への傾き方向および傾き量を自由に変更できる。

【0316】一方、ホログラム素子20Bの表面（レーザー光源10側）ホログラムにより回折された±1次光には、媒体（光ディスク）100の半径方向（ラジアル方向）にコマ収差が与えられる。その結果、図13あるいは図12(a)に示すように、媒体記録層面上に、サイドローブを伴うサブビーム1およびサブビーム2それぞれの集光スポットが、メインビームMの集光スポットを挟むように形成される。これらのサブビーム1およびサブビーム2には、図6のサブビームAおよびサブビームBと同様に、互いに逆極性の収差（コマ収差）が、ホログラム素子20Bの表面ホログラムにより事前に与えられる。

【0317】その結果、一方（たとえばサブビーム1）のコマ収差が増加するようなチルトが発生すると他方（サブビーム2）のコマ収差が減少し、一方（サブビーム

67

ム1)のコマ収差が減少するようなチルトが発生すると他方(サブビーム2)のコマ収差が増加するような関係が生まれる。このことを図11(a)にあてはめると、次のことが言える。すなわち、ラジアル方向のチルトが発生すると、サブビーム1(またはサブビーム2)のサイドローブが大きくなる一方でサブビーム2(またはサブビーム1)のサイドローブが小さくなる。

【0318】他方、ホログラム素子20Bの裏面(ビームスプリッタ30側)ホログラムにより回折された±1次光には、媒体(光ディスク)100の円周方向(タンジェンシャル方向)にコマ収差が与えられる。その結果、図13あるいは図12(a)に示すように、媒体記録層面上に、サイドローブを伴うサブビーム3およびサブビーム4それぞれの集光スポットが、サブビーム1およびサブビーム2それぞれの集光スポットを外側から挟むように形成される。これら外側のサブビーム3およびサブビーム4には、内側のサブビーム1およびサブビーム2と同様に、互いに逆極性の収差(コマ収差)が、ホログラム素子20Bの裏面ホログラムにより事前に与えられる。

【0319】その結果、一方(たとえばサブビーム3)のコマ収差が増加するようなチルトが発生すると他方(サブビーム4)のコマ収差が減少し、一方(サブビーム3)のコマ収差が減少するようなチルトが発生すると他方(サブビーム4)のコマ収差が増加するような関係が生まれる。このことを図11(a)にあてはめると、次のことが言える。すなわち、タンジェンシャル方向のチルトが発生すると、サブビーム3(またはサブビーム4)のサイドローブが大きくなる一方でサブビーム4(またはサブビーム3)のサイドローブが小さくなる。

【0320】上記サブビーム1およびサブビーム2のサイドローブの増減は、サブビーム1検出用セル93およびサブビーム2検出用セル95それぞれの2分割セルにより検知できる。同様に、上記サブビーム3およびサブビーム4のサイドローブの増減は、サブビーム3検出用セル97およびサブビーム4検出用セル99それぞれの2分割セルにより検知できる。

【0321】図13の装置は、媒体(ディスク)半径方向の傾きがないときにおいて、サブビーム1検出用セル93の2分割セルで検出されるサブビーム1のメインピークおよび/またはサイドローブと、サブビーム2検出用セル95の2分割セルで検出されるサブビーム2のメインピークおよび/またはサイドローブとが、同じになるように調整されている(この調整において、半径方向の傾きがないときはサブビーム1およびサブビーム2のサイドローブの大きさが最小となるので、そのことも考慮している)。

【0322】また同様に、図13の装置は、媒体(ディスク)円周方向の傾きがないときにおいて、サブビーム3検出用セル97の2分割セルで検出されるサブビーム

68

3のメインピークおよび/またはサイドローブと、サブビーム4検出用セル99の2分割セルで検出されるサブビーム4のメインピークおよび/またはサイドローブとが、同じになるように調整されている(この調整において、円周方向の傾きがないときはサブビーム3およびサブビーム4のサイドローブの大きさが最小となるので、そのことも考慮している)。

【0323】ラジアル方向のチルトサーボ系は、次のように構成されている。サブビーム1検出用セル93の2分割セルそれぞれの光検知出力は、差動アンプ(減算器)701に入力される。サブビーム2検出用セル95の2分割セルそれぞれの光検知出力は、差動アンプ(減算器)702に入力される。差動アンプ701の出力および差動アンプ702の出力は、それぞれ差動アンプ(比較器)705に入力される。

【0324】サブビーム1検出用セル93の2分割セルで検出されるサブビーム1の状態とサブビーム2検出用セル95の2分割セルで検出されるサブビーム2の状態とが同じときは、差動アンプ705に入力される2つの信号レベルは同じとなっている。この場合は、差動アンプ705からの出力はゼロ(または極小)となる。

【0325】サブビーム1とサブビーム2とは互いに逆のコマ収差が与えられているので、媒体(ディスク)半径方向の傾き(ラジアルチルト)が発生すると、一方のサブビームのメインピークが小さくなるとともにそのサイドローブが大きくなり、他方のサブビームのメインピークが大きくなるとともにそのサイドローブが小さくなる。そうすると、差動アンプ705に入力される2つの信号レベルは、発生したラジアルチルトの方向および大きさに対応して変化する。その結果、差動アンプ705からは、発生したラジアルチルトの方向に対応した極性を持ち、発生したラジアルチルトの大きさに対応した大きさを持つ、ラジアルチルトサーボ制御信号が出力される。

【0326】この制御信号をアンプ707で適宜電流増幅してラジアルチルト補正用駆動コイル72に供給すると、光学系(50~60)は、発生したラジアルチルト(光学系とディスクの記録層面との半径方向の傾き)が小さくなる方向に傾く。この動作は、差動アンプ705からの出力がゼロ(または極小)となるまで反復継続される。このような動作により、ラジアル方向のチルトサーボ系が構成される。

【0327】タンジェンシャル方向のチルトサーボ系は、次のように構成されている。サブビーム3検出用セル97の2分割セルそれぞれの光検知出力は、差動アンプ(減算器)703に入力される。サブビーム4検出用セル99の2分割セルそれぞれの光検知出力は、差動アンプ(減算器)704に入力される。差動アンプ703の出力および差動アンプ704の出力は、それぞれ差動アンプ(比較器)706に入力される。

【0328】サブビーム3検出用セル97の2分割セルで検出されるサブビーム3の状態とサブビーム4検出用セル99の2分割セルで検出されるサブビーム4の状態とが同じときは、差動アンプ706に入力される2つの信号レベルは同じとなっている。この場合は、差動アンプ706からの出力はゼロ（または極小）となる。

【0329】サブビーム3とサブビーム4とは互いに逆のコマ収差が与えられているので、媒体（ディスク）円周方向の傾き（タンジェンシャルチルト）が発生すると、一方のサブビームのメインピークが小さくなるとともにそのサイドローブが大きくなり、他方のサブビームのメインピークが大きくなるとともにそのサイドローブが小さくなる。そうすると、差動アンプ706に入力される2つの信号レベルは、発生したタンジェンシャルチルトの方向および大きさに対応して変化する。その結果、差動アンプ706からは、発生したタンジェンシャルチルトの方向に対応した極性を持ち、発生したタンジェンシャルチルトの大きさに対応した大きさを持つ、タンジェンシャルチルトサーボ制御信号が出力される。

【0330】この制御信号をアンプ708で適宜電流増幅してタンジェンシャルチルト補正用駆動コイル74に供給すると、光学系（50～60）は、発生したタンジェンシャルチルト（光学系とディスクの記録層面との円周方向の傾き）が小さくなる方向に傾く。この動作は、差動アンプ706からの出力がゼロ（または極小）となるまで反復継続される。このような動作により、タンジェンシャル方向のチルトサーボ系が構成される。

【0331】上記ラジアルチルトサーボ系を構成する第1の回路群（701、702、705、707）およびタンジェンシャルチルトサーボ系を構成する第2の回路群（703、704、706、708）によって、図13の傾き検出・補正制御回路系（チルトサーボ系）700が構成される。

【0332】図14は、図13のラジアルチルトサーボ系およびタンジェンシャルチルトサーボ系各々を、図7に示すシックネスサーボ系と同様に構成する場合を例示する図である。

【0333】すなわち、サブビーム1検出用セル93の2分割セル出力およびサブビーム2検出用セル95の2分割セル出力が、プリアンプを介して、図7のシックネスサーボ系の内部回路（217、218、221、222、241、242、261、262、225、273、283）と同様な構成の第1回路ブロック群に供給される。この第1回路ブロック群を構成する各ブロックの接続関係は、図7のシックネスサーボ系の対応する内部回路（217、218、221、222、241、242、261、262、225、273、283）と同じでよい。この第1回路ブロック群の出力はラジアルチルトサーボ系の制御出力として、ラジアルチルト補正用駆動コイル72に供給される。

【0334】同様に、サブビーム3検出用セル97の2分割セル出力およびサブビーム4検出用セル99の2分割セル出力が、プリアンプを介して、図7のシックネスサーボ系の内部回路（217、218、221、222、241、242、261、262、225、273、283）と同様な構成の第2回路ブロック群に供給される。この第2回路ブロック群を構成する各ブロックの接続関係も、図7のシックネスサーボ系の対応する内部回路（217、218、221、222、241、242、261、262、225、273、283）と同じでよい。この第2回路ブロック群の出力はタンジェンシャルチルトサーボ系の制御出力として、タンジェンシャルチルト補正用駆動コイル74に供給される。

【0335】上記ラジアルチルトサーボ系の第1回路ブロック群およびタンジェンシャルチルトサーボ系の第2回路ブロック群によって、図14の傾き検出・補正制御回路系（チルトサーボ系）700が構成される。

【0336】ところで、図6の実施の形態では、ホログラム素子20Aにコリメートする前の非平行レーザビームを入力したため、サブビームA/メインビームM/サブビームBの集光スポットの配列は斜めになっている。これに対し、図14（あるいは前述した図13）の実施の形態では、ホログラム素子20Bにコリメートした後の平行レーザビームを入力しているため、サブビーム3/サブビーム1/メインビームM/サブビーム2/サブビーム4の集光スポットの配列は直線状になる。このため、光検出器90Bを構成するビーム検出用セル群92～99の配列は、サブビーム3/サブビーム1/メインビームM/サブビーム2/サブビーム4の集光スポットの配列に対応して、直線状配列となっている。

【0337】この直線状配列において、ホログラム素子20Bにより球面収差を事前に与えておくことにより、上述したラジアルチルトサーボおよび/またはタンジェンシャルチルトサーボの他に、図8を参照して説明した球面収差利用のシックネスサーボも可能となっている。このシックネスサーボに利用するサブビームとしては、図14（または図13）の構成では、サブビーム1とサブビーム2（またはサブビーム3とサブビーム4）を採用することができる。この場合、サブビーム1とサブビーム2（またはサブビーム3とサブビーム4）に対する光検出出力を図7のシックネスサーボ系500に供給すればよい。

【0338】たとえばサブビーム1とサブビーム2が図7に適用されるとすれば、互いに逆極性の球面収差が事前に与えられたサブビーム1の集光スポット面積（メインピークの集光スポット面積+サイドローブ面積）とサブビーム2の集光スポット面積（メインピークの集光スポット面積+サイドローブ面積）とが等しくなるようなシックネスサーボ（透明層厚みムラ補正動作）が、機能するようになる。

71

【0339】なお、チルトサーボが機能した結果（つまり対物レンズと媒体記録層面とが平行になるよう補正された結果）サブビームのサイドローブが極小化した状況下で考えれば、図14（または図13）の構成におけるシックネスサーボの動作は、図6の場合と実質的に同じとなる。

【0340】一方、図13（あるいは図14）の構成において、レーザ光源10とホログラム素子20Bとの間のコリメートレンズ40Bを、図6のようにビームスプリッタ30と厚みムラ補正用レンズ系との間に移動させる構成も可能である。この場合、レーザ光源10からホログラム素子20Bに入射するレーザビームは非平行となるため、媒体記録層面上に形成される集光スポット群は、図13（または図14もしくは図12）に例示するように直線状配列とはならず、図6（または図8）に例示したようにトラック進行方向に向かって斜め配列となる（どの程度傾いた斜め配列になるかは個々の製品における設計次第）。

【0341】このように斜め配列されたサブビーム1とサブビーム2（またはサブビーム3とサブビーム4）に対する光検知出力を図7の構成に適用すれば、シックネスサーボ系500を構成できるだけでなく、これらのサブビーム検知出力から、トラッキングサーボ系400で利用する差動プッシュプル信号を得ることができし、再生信号検出回路系300で利用するクロストークキャンセル信号を得ることもできる。

【0342】次に、図15～図18を参照して、（チルトサーボで利用する）コマ収差検出方法に基づくコマ収差検出特性を説明する。ここでは、再生光学系における使用波長 λ を405nmとし、対物レンズのNA値を0.70とし、媒体透明層の屈折率 n を1.67（または1.62）としている。また、再生専用の情報媒体に対しては、微少な凹凸形状（エンボス）を有するエンボスピット列からの再生信号を用い、トラックピッチは0.32 μ mとしている。一方、記録再生可能な情報媒体に対しては、ランド／グループ記録を前提とし、ランドとグループ間の段差量を $\lambda/8n$ （または $\lambda/6n$ ）、ランドとブルーのデューティ比を50%、ウォブル振幅を ± 10 nm、媒体透明層の厚みを0.6mmとしている。

【0343】図15は、情報媒体（光ディスク）の半径方向のそり具合（ラジアルチルト量）と、ウォブル検出信号振幅またはエンボスピット再生信号振幅との関係を例示するグラフ図である。図15において、右下がりの実線はウォブルの検出信号振幅（記録再生用ディスク）であり、左側縦軸がその大きさを示している。また、右下がりの破線はエンボスピットの再生信号振幅（再生専用ディスク）であり、右側縦軸がその大きさを示している。

【0344】図15は、サブビーム（1、2）に収差

72

（コマ収差）を与えない場合において、サブビーム（1、2）から得られる「ウォブルグループからの検出信号振幅」および「エンボスピット再生信号振幅」が、情報媒体（ディスク）100の半径方向傾き量（ラジアルチルト量）に対してどのように変化するかを例示している。

【0345】前述したように、集光スポットサイズは、小さい方が、記録トラックのウォブルグループからの検出信号振幅が大きくなり（記録再生用ディスクの場合）、かつ記録マークあるいは凹凸形状のエンボスピットからの再生信号振幅も大きくなる（再生専用ディスクの場合）。このことは、図15でも示されている。すなわち、チルト量が大きくなると集光スポット形状が楕円化してその長円方向にスポットサイズが大きくなるので、チルト量が大きくなるほど、「ウォブルグループからの検出信号振幅」も「エンボスピット再生信号振幅」も減少する。（図15ラジアルチルト量が大きくなる方向を集光スポットサイズが大きくなる方向に読み替ればよい。）図15の例示から、次のことが分かる。すなわち、記録再生用ディスクでも再生専用ディスクでも、チルト量が増えると集光スポットサイズが増えるので、対応する検出信号は小さくなる。チルト量変化に対する検出信号の変化の程度はチルト量の大きさにより違いがあり、チルト量が増えなくても検出信号があまり変化しない部分（チルト量が0.1°以下あるいは0.7°以上の範囲）と、チルト量の変化に対応して検出信号が敏感に変化する部分（チルト量が0.2°～0.6°位の範囲）がある。

【0346】上記検出信号（「ウォブルグループからの検出信号振幅」および／または「エンボスピット再生信号振幅」）の変化からチルト量変化を効率よく検出するには、チルト量変化に対する検出信号の変化の割合（図15の実線あるいは破線の傾き）が大きい部分を利用することが望ましい。そこで、チルト量変化に対する検出信号の変化の割合が大きい部分を利用するためには、図15の例でいえば、0.4°付近（より広くみれば0.3°～0.5°付近を中心に $\pm 0.3^\circ$ 位の範囲）で信号検出が行われるようなコマ収差を、図13あるいは図14のホログラム素子20Bにより、サブビーム（1、2）に対して、事前に与えるようにすればよい。

【0347】図13あるいは図14のホログラム素子20Bにより0.3°～0.5°程度（より具体的には0.4°位）のコマ収差をサブビーム（1、2）に対して事前に与えておけば、対物レンズとディスク記録面との間の平行性が崩れると、それに対応して比較的大きなチルト量が検出される。そうすると、この検出チルト量に対応した大きさおよび方向の制御電流がチルトサーボ系700からラジアルチルト補正用駆動コイル72に供給され、対物レンズとディスク記録面とが平行となるようなサーボ動作が行われるようになる。

【0348】このようなラジアルチルトサーボ動作を行う図13または図14のチルトサーボ系700は、情報媒体（ディスク）100のラジアル方向にたとえば最大 $\pm 0.7^\circ$ のチルトがあっても正常な情報の記録または再生が可能のように、設計すればよい。

【0349】図16は、情報媒体（光ディスク）の半径方向のそり具合（ラジアルチルト量）と、ウォブルグループの差信号による検出信号またはエンボスピットの和信号による検出信号との関係を例示するグラフ図である。図16において、右下がりの実線はウォブルグループからの差信号による検出信号（記録再生用ディスク）であり、左側縦軸がその大きさを示している。また、右下がりの破線はエンボスピットの和信号による検出信号（再生専用ディスク）であり、右側縦軸がその大きさを示している。

【0350】図16は、サブビーム（1、2）に収差（コマ収差）を与えない場合において、サブビーム（1、2）から得られる「ウォブルグループからの差信号による検出信号」および「エンボスピット和信号による再生信号」が、情報媒体（ディスク）100の半径方向傾き量（ラジアルチルト量）に対してどのように変化するかを例示している。

【0351】図15の変化を利用するチルトサーボ系700では、サブビーム検出用セル93またはサブビーム検出用セル95の検出結果をそのまま利用できる。一方、図16の変化を利用するチルトサーボ系700では、サブビーム検出用セル93およびサブビーム検出用セル95の検出結果の差分（ウォブルグループを持つ記録再生用ディスクの場合）またはサブビーム検出用セル93およびサブビーム検出用セル95の検出結果の和分（エンボスピットを持つ再生専用ディスクの場合）を利用する。ここでは、サブビーム1個のトータル光量（メインピークの光量+サイドローブの光量）を“1”とし、ディスクのラジアルチルトがない状態でサブビーム検出用セル93からの検出信号とサブビーム検出用セル95からの検出信号との差分（または和分）がゼロとなる点を、ラジアルチルトサーボの動作基点に置いている。

【0352】前述したように、サブビーム（1、2）には、図13あるいは図14のホログラム素子20Bにより、事前に逆極性のコマ収差が与えられている。そのため、ラジアルチルトが発生すると、発生したラジアルチルトにより一方のサブビームのコマ収差は打ち消され他方のサブビームのコマ収差は加算される。その結果、その発生チルト検出量に対応した極性および大きさの「ウォブルグループからの差信号による検出信号」または「エンボスピット和信号による再生信号」が、チルトサーボ系700において得られる。この「ウォブルグループからの差信号による検出信号」または「エンボスピット和信号による再生信号」に対応した制御電流をラジ

アルチルト補正用駆動コイル72に供給すれば、発生したラジアルチルトを打ち消すようなサーボ動作が行われるようになる。

【0353】図16の例示から、次のことが分かる。すなわち、チルト検出用にウォブルグループからの差信号を用いた場合でもエンボスピット和信号を用いた場合でも、 $\pm 0.35^\circ$ 以上の広範囲に渡り情報媒体のラジアルチルト検出信号特性が安定に得られる。そのため、図16の変化を利用してラジアルチルトサーボ動作を行う図13または図14のチルトサーボ系700により、情報媒体（ディスク）100のラジアル方向に $\pm 0.35^\circ$ 以上のチルトがあっても、正常な情報の記録再生が可能となる。

【0354】図17は、情報媒体（光ディスク）の円周方向のそり具合（タンジェンシャルチルト量）と、ウォブル検出信号振幅またはエンボスピット再生信号振幅との関係を例示するグラフ図である。図17において、右下がりの実線はウォブルの検出信号振幅（記録再生用ディスク）であり、左側縦軸がその大きさを示している。また、右下がりの破線はエンボスピットの再生信号振幅（再生専用ディスク）であり、右側縦軸がその大きさを示している。

【0355】図17は、サブビーム（3、4）に収差（コマ収差）を与えない場合において、サブビーム（3、4）から得られる「ウォブルグループからの検出信号振幅」および「エンボスピット再生信号振幅」が、情報媒体（ディスク）100の円周方向傾き量（タンジェンシャルチルト量）に対してどのように変化するかを例示している。

【0356】前述したように、集光スポットサイズは、小さい方が、記録トラックのウォブルグループからの検出信号振幅が大きくなり（記録再生用ディスクの場合）、かつ記録マークあるいは凹凸形状のエンボスピットからの再生信号振幅も大きくなる（再生専用ディスクの場合）。このことは、図17でも示されている。すなわち、チルト量が大きくなると集光スポット形状が楕円化してその長円方向にスポットサイズが大きくなるので、チルト量が大きくなるほど、「ウォブルグループからの検出信号振幅」も「エンボスピット再生信号振幅」も減少する。（図17タンジェンシャルチルト量が大きくなる方向を集光スポットサイズが大きくなる方向に読み替えればよい。）図17の例示から、次のことが分かる。すなわち、記録再生用ディスクでも再生専用ディスクでも、チルト量が増えると集光スポットサイズが増えるので、対応する検出信号は小さくなる。チルト量変化に対する検出信号の変化の程度はチルト量の大きさにより違いがあり、チルト量が増えなくても検出信号があまり変化しない部分（チルト量が 0.2° 以下あるいは 0.8° 以上の範囲）と、チルト量の変化に対応して検出信号が敏感に変化する部分（チルト量が $0.3^\circ \sim 0.7^\circ$

75

位の範囲)がある。

【0357】上記検出信号(「ウォブルグループからの検出信号振幅」および/または「エンボスピット再生信号振幅」)の変化からチルト量変化を効率よく検出するには、チルト量変化に対する検出信号の変化の割合(図17の実線あるいは破線の傾き)が大きい部分を利用することが望ましい。そこで、チルト量変化に対する検出信号の変化の割合が大きい部分を利用するためには、図17の例でいえば、 0.5° 付近(より広くみれば $0.4^{\circ} \sim 0.6^{\circ}$ 付近を中心に $\pm 0.4^{\circ}$ 位の範囲)で信号検出が行われるようなコマ収差を、図13あるいは図14のホログラム素子20Bにより、サブビーム(3、4)に対して、事前に与えるようにすればよい。

【0358】図13あるいは図14のホログラム素子20Bにより $0.4^{\circ} \sim 0.6^{\circ}$ 程度(より具体的には 0.5° 位)のコマ収差をサブビーム(3、4)に対して事前に与えておけば、対物レンズとディスク記録面との間の平行性が崩れると、それに対応して比較的大きなチルト量が検出される。そうすると、この検出チルト量に対応した大きさおよび方向の制御電流がチルトサーボ系700からタンジェンシャルチルト補正用駆動コイル74に供給され、対物レンズとディスク記録面とが平行となるようなサーボ動作が行われるようになる。

【0359】このようなタンジェンシャルチルトサーボ動作を行う図13または図14のチルトサーボ系700は、情報媒体(ディスク)100のタンジェンシャル方向にたとえば最大 $\pm 0.3^{\circ}$ のチルトがあっても正常な情報の記録または再生が可能のように、設計すればよい。

【0360】図18は、情報媒体(光ディスク)の円周方向のそり具合(タンジェンシャルチルト量)と、ウォブルグループの差信号による検出信号またはエンボスピットの和信号による検出信号との関係を例示するグラフ図である。図18において、右下がりの実線はウォブルグループからの差信号による検出信号(記録再生用ディスク)であり、左側縦軸がその大きさを示している。また、右下がりの破線はエンボスピットの和信号による検出信号(再生専用ディスク)であり、右側縦軸がその大きさを示している。

【0361】図18は、サブビーム(3、4)に収差(コマ収差)を与えない場合において、サブビーム(3、4)から得られる「ウォブルグループからの差信号による検出信号」および「エンボスピット和信号による再生信号」が、情報媒体(ディスク)100の円周方向傾き量(タンジェンシャルチルト量)に対してどのように変化するかを例示している。

【0362】図17の変化を利用するチルトサーボ系700では、サブビーム検出用セル97またはサブビーム検出用セル99の検出結果をそのまま利用できる。一方、図18の変化を利用するチルトサーボ系700で

76

は、サブビーム検出用セル97およびサブビーム検出用セル99の検出結果の差分(ウォブルグループを持つ記録再生用ディスクの場合)またはサブビーム検出用セル97およびサブビーム検出用セル99の検出結果の和分(エンボスピットを持つ再生専用ディスクの場合)を利用する。ここでは、サブビーム1個のトータル光量(メインピークの光量+サイドロープの光量)を“1”とし、ディスクのタンジェンシャルチルトがない状態でサブビーム検出用セル97からの検出信号とサブビーム検出用セル99からの検出信号との差分(または和分)がゼロとなる点を、タンジェンシャルチルトサーボの動作基点に置いている。

【0363】前述したように、サブビーム(3、4)には、図13あるいは図14のホログラム素子20Bにより、事前に逆極性のコマ収差が与えられている。そのため、タンジェンシャルチルトが発生すると、発生したタンジェンシャルチルトにより一方のサブビームのコマ収差は打ち消され他方のサブビームのコマ収差は加算される。その結果、その発生チルト検出量に対応した極性および大きさの「ウォブルグループからの差信号による検出信号」または「エンボスピット和信号による再生信号」が、チルトサーボ系700において得られる。この「ウォブルグループからの差信号による検出信号」または「エンボスピット和信号による再生信号」に対応した制御電流をタンジェンシャルチルト補正用駆動コイル74に供給すれば、発生したタンジェンシャルチルトを打ち消すようなサーボ動作が行われるようになる。

【0364】図18の例示から、次のことが分かる。すなわち、チルト検出用にウォブルグループからの差信号を用いた場合でもエンボスピット和信号を用いた場合でも、 $\pm 0.5^{\circ}$ 以上の広範囲に渡り情報媒体のタンジェンシャルチルト検出信号特性が安定に得られる。そのため、図18の変化を利用してタンジェンシャルチルトサーボ動作を行う図13または図14のチルトサーボ系700により、情報媒体(ディスク)100のタンジェンシャル方向に $\pm 0.3^{\circ} \sim \pm 0.5^{\circ}$ 以上のチルトがあっても、正常な情報の記録再生が可能となる。

【0365】この発明がなされるまでは、半径方向(ラジアル方向)と円周方向(タンジェンシャル方向)の2軸方向で情報媒体(ディスク)の傾き量を独自にしかも精度良く検出する方法は知られていなかった。しかし、図11～図18を参照して説明したこの発明の実施形態(コマ収差を利用したチルト検出またはチルトサーボ系)の原理を用いれば、2軸方向での傾き量を独自にしかも精度良く検出することができる。

【0366】図19は、図6の構成と図13または図14の構成とを組み合わせさせた場合(この場合、図6の片面処理ホログラム素子20Aを両面処理ホログラム素子20Cと置換し、図13または図14のビーム検出セル92～99を図6のビーム検出セル92～96のように斜

77

め配置とする)において、互いに独立したトラッキングサーボ系、シックネスサーボ系、フォーカシングサーボ系およびチルトサーボ系を抽出して示すブロック図である。

【0367】前述した図13または図14の構成では、ホログラム素子20Bに入射されるレーザビームがコリメートレンズ40Bによりコリメートされて平行光となっているため、第1および第2のホログラムによる2種(4個)のサブビーム1~4は、光ディスク100の記録層面上に、そのトラック方向(タンジェンシャル方向)に沿って直線状に集光される。このため、メインビームMを中心を含むサブビーム1~4の集光スポット群(サイドローブも含む)の検出用セル群92~99も、直線状に並んで配置されている。

【0368】一方、ホログラム素子20Bに入射されるレーザビームがコリメートされていない場合は、図6の場合(メインビームAおよびB)のように、サブビーム1~4の集光スポット群は、光ディスク100の記録層面上に、そのトラック方向(タンジェンシャル方向)に向かって斜めに集光される(この場合の集光スポット群の配列例は図示せず)。この場合は、メインビームMを中心を含むサブビーム1~4の集光スポット群(サイドローブも含む)の検出用セル群92~99も、斜めに配置されることになる(図示せず)。

【0369】このようにメインビームMおよびサブビーム1~4および対応する検出用セル群92~99を斜め配置とした場合は、サブビーム1~4検出用セル群93~99)のうちの2つ以上(セル93と95および/またはセル97と99)の検出信号を、図6のサブビーム検出用セル94および96の検出信号と同じ用途に利用できる。すなわち、斜め配置した検出用セル群92~99のうちの2以上の検出信号(たとえばセル93および95の検出信号)から、シックネスサーボ用の検出信号、クロストークキャンセル(CTC)用の信号、トラッキングサーボ用の差動プッシュプル(DPP)信号等も取り出すことができる。

【0370】換言すれば、メインビームMおよびサブビーム1~4および対応する検出用セル群92~99を斜め配置とした場合は、図6の装置機能(トラッキングサーボ、シックネスサーボ、フォーカシングサーボ、DPP、CTCなど)の他に、さらにチルトサーボ(ラジアルチルトサーボおよび/またはタンジェンシャルチルトサーボ)の機能も持つことができるようになる。この場合、トラッキングサーボ、シックネスサーボ、フォーカシングサーボおよびチルトサーボそれぞれを、独立したサーボ系として構成できる。

【0371】上記独立した4種類のサーボ系を持つシステム構成を例示したものが、図19である。すなわち、図13または図14のメインビーム検出用4分割セル92で構成される焦点ぼけ検出部910の検知出力は、独

78

立したサーボループとして、図7に示すような構成のフォーカシングサーボ系600に送られる。また、メインビーム検出用4分割セル92(差動プッシュプル法を利用するときはさらにサブビーム検出用2分割セル1、2またはサブビーム検出用2分割セル3、4)で構成されるトラッキングずれ検出部910の検知出力は、独立したサーボループとして、図7に示すような構成のトラッキングサーボ系400に送られる。また、サブビーム検出用2分割セル1、2(または3、4)で構成される波面収差(球面収差)検出部900の検知出力は、独立したサーボループとして、図7に示すような構成のシックネスサーボ系500に送られる。さらに、サブビーム検出用2分割セル1、2および/またはサブビーム検出用2分割セル3、4で構成されるコマ収差検出部930の検知出力は、独立したサーボループとして、図13または図14に示すような構成のシックネスサーボ系700に送られる。

【0372】図20は、波面収差アナライザ(波面収差解析装置)を利用して情報媒体透明層の厚みムラ量を検査する方法を説明する図である。この方法では、既存の干渉計システム(ザイロの干渉計など)を利用することができる。このシステムでは、波面収差アナライザ1014が、CCDモニタ1012で検知された被検体ディスク100の光学的なパターンから、球面収差ファクタの平方自乗平均RMSを算出するようになっている。

【0373】すなわち、レーザ光源1000からのコヒーレントなレーザ光はコリメートレンズ1002により平行レーザビームに変換される。この平行レーザビームの一部は、ビームスプリッタ1004、光学的収差を抑制するための光学系1006、対物レンズ1008、そして被検体ディスク100の透明保護層を介して、ディスク100の記録層(光反射層)に入射され、そこで反射される。また、上記平行レーザビームの他部は、ビームスプリッタ1004からミラー1010に送られ、そこで反射される。

【0374】ここで、コリメートレンズ1002を介してレーザ光源1000から得られた平行レーザビームのスポットサイズは、対物レンズ1008の瞳孔径まで広げられる。対物レンズ1008の波面収差は、 $0.02 \lambda_{rms}$ 以内に管理されている。また、ビームスプリッタ1004と対物レンズ1008との間に設けられた光学系1006は、厚さが正確に規定値(ここでは 0.1 mm)に管理された標準光ディスクでもって校正され、そのトータルの波面収差は、 $0.01 \lambda_{rms}$ 以内に管理されている(波面収差の管理値 $0.01 \lambda_{rms}$ 、 $0.02 \lambda_{rms}$ は、例示であって、別の波面収差値が採用されることを妨げない)。また、レーザ光源1000には波長 λ がたとえば $405 \pm 10 \text{ nm}$ のブルーレーザが用いられ、対物レンズ1008には、開口数NAがたとえば 0.85 ± 0.01 のものが用いられる($\lambda = 405 \text{ nm}$)。

mおよび $NA=0.85$ は例示であって、 λ および θ または NA として別の値が採用されることを妨げない。

【0375】ディスク100の記録層（光反射層）で反射されたレーザビームは、ディスク100の透明層、対物レンズ1008、光学系1004およびビームスプリッタ1004を介してCCDモニタ1012の受光面（図示せず）に導かれる。一方、ミラー1010で反射されたレーザビームも、ビームスプリッタ1004を介してCCDモニタ1012の受光面（図示せず）に送られる。ディスク100の記録層（光反射層）で反射されたレーザビーム（光学系およびディスク透明層に起因する光学的収差の影響を含む）とミラー1010で反射されたレーザビームとは、互いに干渉しあい、光学的収差の影響を反映した干渉縞が発生する。CCDモニタ1012の受光面には、この干渉縞が投影される。

【0376】CCDモニタ1012の受光面に投影された干渉縞（光学的なパターン）は、波面収差アナライザ1014で解析される。その解析結果から、ディスク透明層の厚みムラおよび/または屈折率ムラによる球面収差成分を抽出して出力する。こうして波面収差アナライザ1014から出力されたデータは、ディスク100の透明層を往復したダブルパスでの収差の影響を含むところの、球面収差のrms値となっている。ここで得られたダブルパスのデータ（球面収差のrms値）をシングルパスのデータに換算すれば、被検体ディスク100の透明保護層の厚みムラを非接触で非破壊検査できるようになる（シングルパスへの換算方法については、図21を参照して後述する）。

【0377】図20のシステムでは、正確に校正された光学系1006および収差の小さな対物レンズ1008が必要になるが、CCDモニタ1012、波面収差アナライザ1014等には実績のある既存のものを利用できる。そのため、比較的ローコストに信頼性の高いシステムを構築できる。

【0378】図21は、図20の検査方法で求めた波面収差（球面収差）のrms値（ $W_{c rms}$ ）と媒体透明層の厚みムラ量 δd との関係を示すグラフ図である。図20のアナライザ1014からの出力データは、ディスク透明層を往復したレーザビームから求めたものであり、図21の実線（ダブルパス）に示すような関係を持っている。一方、前述した（8）式において、屈折率 n および開口数 NA に所定の値を代入すると、 $\delta d = k \cdot W_{c rms}$ （ k は比例定数）となる。この $\delta d = k \cdot W_{c rms}$ の関係をグラフ化したものが、図21の破線（シングルパス）に相当する。

【0379】図21において、傾きの大きい実線は、リム強度を“1”（RIM Int. = 1）としたときの、ダブルパス（ディスク透明層を通過するレーザビームの往復光路）における $W_{c rms}$ と δd との関係を例示している。ここで、リム強度“1”（RIM Int. = 1）とは、対物レ

ンズを通過する入射光の中心強度を“1”としたときに、対物レンズ瞳の開口部最外周の強度が“1”となる場合をいう。つまり、リム強度“1”（RIM Int. = 1）は、対物レンズ瞳全体に均一な強度の光が入射する場合を示している。

【0380】また、傾きの小さい破線は、リム強度を評価用の光学ヘッドに合わせたときの、シングルパス（ディスク透明層を通過するレーザビームの片道光路）における $W_{c rms}$ と δd との関係を例示している。この図において、条件が変わらないなら、シングルパスの破線の傾きはダブルパスの実線の傾きの半分となる。したがって、ダブルパスの場合に波面収差アナライザ1014から得たデータは、容易にシングルパスの場合に換算できる（ダブルパスのデータを半分にするだけ）。

【0381】なお、対物レンズ瞳の直径（Aperture）を“A”とし、対物レンズを通過する入射光の中心強度を“1”としたときの“e-2幅”（集光スポット中心強度を“1”としたときに、光の強度が“exp(-2)”の値0.135334…をとる場所の幅）を“W”とすると、“A/W”をリム強度（RIM Int.）と同様に用いることができる。この“A/W”をビーム充填率という。

【0382】対物レンズの中心からその周辺まで均一な強度分布の光が対物レンズに入射された場合（RIM Int. = 1）は、“e-2幅”が大きくなり、結果的にビーム充填率“A/W”の値は“0”に近づく。逆に、“e-2幅”が小さくなると“A/W”の値は大きくなる。一方、対物レンズの瞳を通過する光の“e-2幅”を狭くして“A/W”値を大きくすると、対物レンズ瞳のへり（Rim）位置での強度が低下するので、リム強度（RIM Int.）も小さくなる。このように、ビーム充填率“A/W”の値とリム強度（RIM Int.）との間には対応関係があるので、たとえば“A/W”=0.7の評価用光学ヘッドを図21の破線に対応させることができる。

【0383】図20の波面収差アナライザ1014からの出力データに基づいて、図21の実線からディスク透明層の厚みムラ（ δd ）を算出できる。シングルパスにおける実際の球面収差は、図21の破線から求めることができる。また、この実際の球面収差のrms値から、使用する光学ヘッドの球面収差が分かる。

【0384】なお、実際に量産されるディスク100の透明保護層には、厚みムラの他にこの透明層を構成する材質（ポリカーボネートなど）の屈折率ムラもあり得る。このため、ディスク透明層の収差は、厚みムラのみならず屈折率ムラの影響も含み得ることになる。しかし、図20～図21の説明では、複雑化を避けるため、屈折率ムラの影響も込みの（あるいは屈折率ムラはないものとした）透明層厚みムラの収差を考えている。

【0385】したがって、図20～図21の方法で求めたディスク透明層の厚みムラ値は、実際の量産ディスク

においては、厳密に厚みムラだけを指しているとは限らない。しかし、実際の量産ディスクではある程度の誤差が見込まれているので、屈折率ムラの影響も込みの（あるいは屈折率ムラはないものとした）透明層厚みムラ検査方法（測定方法）で十分実用性がある。むしろ、量産ディスクのばらつきによる総合的な収差の影響を所定値以内に管理するという観点からみれば、屈折率ムラの影響も込みで透明層の厚みムラを管理できる図20～図21の方法が良いとも言える。

【0386】図20の構成および図21の関係をを用いた「波面収差の検出による媒体透明層の厚みムラ検出方法」を簡単にまとめると、次のようになる。すなわち、ダブルパスにおける媒体透明層の球面収差を、図20の波面収差アナライザ1014の出力（波面収差または波面収差から球面収差を抽出したもの）から検出し、検出した球面収差（または球面収差）の Wc_{rms} 値を図21のシングルパスラインに当てはめて（またはダブルパスのデータをシングルパスのデータに換算して）、媒体透明層の厚みムラ（および／または媒体透明層の屈折率ムラ）を求める。

【0387】図22は、他のサーボ系から独立したシックネスサーボ系から媒体透明層の厚みムラ量 δd に対応した測定値950を抽出する構成を説明する図である。前述した図20では、波面収差（球面収差）アナライザ1014による解析結果から、媒体透明層の厚みムラおよび／または屈折率ムラを求めている。これに対して、独立したサーボ系を構成するシックネスサーボの残留偏差から、媒体透明層の厚みムラおよび／または屈折率ムラを求めることもできる。その構成が図22である。

【0388】図22の構成は、透明層厚みムラ測定値950の抽出部分を除き、図10の構成と同じとなっている。そのため、透明層厚みムラ測定値950の抽出部分以外については、図10での説明内容は全て図22に適用できる。したがって、同じ参照符合の部分については図10の説明を参照してもらうこととし、図22の説明は簡略化する。

【0389】フォーカシングサーボ系600およびシックネスサーボ系500のサーボ動作が安定したあとにゲインGのシックネスサーボ系500に残留する残留偏差は、図10を参照して前述したように、媒体透明層の厚みムラおよび／または屈折率ムラ（屈折率ムラを無視するときは厚みムラ）をサーボゲインGで割ったもの（つまり残留偏差＝元の厚みムラ÷サーボゲインG）に相当する。そのため、図22の構成（具体的には図6および図7）に含まれるシックネスサーボ系500からの厚みムラ測定値（厚みムラ検出信号；電流値または電圧値）950を用いて、残留偏差×サーボゲインGから、媒体透明層の厚みムラ（屈折率ムラを無視しないときは媒体透明層の厚みムラおよび屈折率ムラ）を求めることができる。

【0390】別の見方をすると、媒体透明層の厚みムラ（および／または屈折率ムラ）を所定値以内に管理するためのシックネスサーボの残留偏差量は、以下の方法で判定しあるいは規定できる：

* 波面収差の rms 値で判定する（たとえば $0.07\lambda_{rms}$ 以内）；

* 収差補正後の δd （図21あるいは（8）式から得られる δd ）から残留偏差（電流値または電圧値）を規定する。

【0391】図20のシステムとは方法が異なるが、厚みムラ測定値・検出信号950から求めた媒体透明層の厚みムラは、前記（8）式あるいは図21のシングルパスラインから得られる δd に対応する。つまり、媒体透明層の波面収差（あるいは球面収差）を特定値（たとえば $0.07\lambda_{rms}$ ）以内に管理する場合、図20の構成と図21の関係（あるいは（8）式の関係）から求めた δd を前記特定値（ $0.07\lambda_{rms}$ ）に対応する値以下に管理する方法と、図22の構成から求めた厚みムラ測定値（残留偏差×サーボゲインG）を前記特定値（ $0.07\lambda_{rms}$ ）に対応する値以下に管理する方法との2つがある。

【0392】これらの方法はいずれか一方だけ用いてもよいし、併用してもよい。たとえば、図20の装置で量産ディスクの全数検査（または抜き取り検査）を行い、図22の装置で量産ディスクの抜き取り検査（または全数検査）を行う、といったことも可能である。図20による方法ではディスクを回転させる必要はないので静的状態での厚みムラ管理ができ、図22による方法ではディスクを回転させるので動的状態での厚みムラ管理ができる。

【0393】図23は、図22の厚みムラ測定値950を利用して被試験ディスクの透明層厚みムラを非破壊検査するとともに、被試験ディスクの透明層厚みムラに関する良否判定を行う手順を説明するフローチャート図である。

【0394】このフローチャートの処理手順は、たとえば図6、図10、または図22に示す構成を備えたディスクドライブと、図示しないコンピュータ（パーソナルコンピュータなど）とを組み合わせることで、実行できる。

【0395】まず、透明保護層の厚みムラが規定値以下（たとえば透明層の厚み基準値が $0.1mm$ であり、その厚みムラが $0.01\lambda_{rms}$ 以内）であり、半径方向および円周方向のそれも実質的にない標準ディスクを試験装置（透明層厚みムラの影響を抑制するシックネスサーボ系を持つ）にセットして、その装置を校正する（ステップST100）。

【0396】この校正が済んだあと、試験装置のディスクドライブに、厚みムラ（ δd ）を伴ない得る透明層を持つ試験ディスク（100）をセットする（ステップS

T102)。そして、試験装置の初期設定を行う（ステップST104）。この初期設定においては、試験装置のシックネスサーボ系（500）のサーボゲインGが特定値（ $G=2\sim10000$ ）に設定され、光学ヘッドがトレースするトラック位置TRiのパラメータiが初期値の「1」に設定され、光学ヘッドが半径方向に移動する間隔を決めるトラックジャンプ間隔kが特定値（たとえば $k=10$ なら10トラック単位でトラックジャンプ）に設定される。その他に必要な初期設定事項があれば、ステップST104で行う。

【0397】続いて、試験対象トラックTRi（最初は $i=1$ ）を指定して、ディスクドライブを起動する（ステップST106）。すると、試験ディスクは、指定されたトラック位置TRiに対応した所定の回転速度で回転し、光学ヘッドがそのトラックTRi上をトレースして、エンボスピット（再生専用ディスクの場合）またはウォブルグループ（記録／再生用ディスクの場合）等からの反射光の状態が検出されるようになる。

【0398】光学ヘッドからの反射光の状態を光検知器で捉えることにより、図6その他を引用して説明したフォーカシングサーボ、シックネスサーボ、トラッキングサーボなどが動作し、これらのサーボ動作は直ぐに安定状態に収束する。こうしてサーボ動作が安定状態に収束したあと（ステップST108）、たとえば図22の厚みムラ測定値950から、シックネスサーボの残留偏差値を検出する（ステップST110）。

【0399】こうして検出された残留偏差値と、ステップST104で設定したサーボゲインとの積（残留偏差値 $\times G$ ）を算出することにより、試験ディスクの（現トラックTRiにおける）透明層厚みムラが求まる（ステップST112）。こうして求めた現トラックTRiでの透明層厚みムラ測定値は、図示しないコンピュータ内の記憶装置に記憶される（ステップST114）。

【0400】以上のようにして、試験ディスクの現トラックTRi（最初は $i=1$ ）における透明層厚みムラ測定値の記憶が終了すると、新たな試験対象トラックTRi（ $i=i+k$ ）が指定される（ステップST116）。最初に $i=1$ であり $k=10$ に初期設定されているなら、ここでは $i=11$ となる。この新試験対象トラックTRi（ $i=i+k$ ）が試験ディスクの最終トラックを越えていなければ（ステップST118ノー）、ステップST106～ST116の処理ループが再度実行される。このステップST106～ST116の処理ループは、新試験対象トラックTRi（ $i=i+k$ ）が試験ディスクの最終トラックを越えるまで反復される。

【0401】新試験対象トラックTRi（ $i=i+k$ ）が試験ディスクの最終トラックを越えたならば（ステップST118イエス）、その試験ディスクのトラック全体（kトラックづつの飛び飛び検査ではあるが）に渡る透明層厚みムラの測定値のデータが図示しない記憶装置に

貯め込まれたことになる。

【0402】こうして貯め込まれた透明層厚みムラの測定値のデータから、その平均値、最大ピーク値等を算出する。そして、算出した平均値が透明層厚みムラの管理上の規定値以下であるか？、および／または最大ピーク値が透明層厚みムラの規格上の上限値以下であるか？などの判断項目で、算出結果の評価（つまり試験ディスクの良否判定）を行う。さらに、記憶装置に貯め込まれた透明層厚みムラの測定値のデータを、（必要に応じてその評価結果とともに）、図示しないハードディスクやDVD RAMディスクなどの記憶媒体に、適宜バックアップする（ステップST120）。

【0403】以上で1枚の試験ディスクに対する検査および検査結果の保存処理が終了する。試験すべきディスクがまだあるときは、ステップST102に戻って、ステップST102～ST120の処理を反復する。

【0404】なお、ステップST100における校正処理は、試験ディスク1枚毎に行う必要は、必ずしもない。量産ディスクの厚みムラ管理（ディスクの良否判定）に図23の処理を利用するときは、所定枚数（たとえば10000枚）の測定処理（ST102～ST120）が行われる毎に、あるいは連続した測定処理時間が所定時間（たとえば1時間）経過する毎に、ステップST100における校正処理を1回行えばよい。

【0405】図23の非破壊検査方法を用いれば、実働状態（ディスクドライブに試験ディスクがセットされ回転駆動されてドライブのサーボ系が働いている状態）で、量産されるディスクの透明保護層の厚みムラを管理できる。また、非破壊検査なので検査後良品と判定されたディスクは全て商品として出荷できる。

【0406】図24は、図20の厚みムラ検査方法を利用して被試験ディスクの透明層厚みムラを非破壊検査するとともに、被試験ディスクの透明層厚みムラに関する良否判定を行う手順を説明するフローチャート図である。このフローチャートの処理手順は、たとえば図20に示すような構成を備えた波面収差解析装置と、図示しないコンピュータ（たとえば図20のアナライザ1014に内蔵したMPU）とを組み合わせることで、実行できる。

【0407】まず、透明保護層の厚みムラが規定値以下（たとえば透明層の厚み基準値が0.1mmであり、その厚みムラが0.01 λ rms以内）であり、半径方向および円周方向のそりも実質的にない標準ディスクを試験装置にセットして、その装置を校正する（ステップST200）。この校正処理においては、図20の対物レンズ1008が元から持っている収差量に合わせて、光学的収差を制御する光学系1006を最適条件に調整する。

【0408】この校正が済んだあと、試験装置のディスクドライブに、厚みムラ（ δd ）を伴わない得る透明層を

10

20

30

40

50

持つ試験ディスク(100)をセットする(ステップST202)。そして、試験装置の初期設定を行う(ステップST204)。この初期設定においては、光学ヘッドからのレーザビームを集光させるディスク上の位置を特定するために、ディスク半径方向の位置パラメータ*i*およびディスク円周方向の位置パラメータ*j*が初期値に設定される($i=1; j=1$)。

【0409】続いて、試験対象位置*Pij*(最初は $i=1; j=1$)を指定して、その位置に光学ヘッドからレーザビームを集光させる(ステップST206)。すると、その試験対象位置*Pij*からの反射光の状態が、図20のCCDモニタ1012上に投影されるようになる。この投影状態は波面収差アナライザ1014により解析され、その解析結果から球面収差ファクタの平方自乗平均($W_{c rms}$)が計測される(ステップST208)。こうして計測された $W_{c rms}$ の値から、媒体記録層で反射され媒体透明層を往復する測定光のダブルパスでの収差量が求められる(ステップST210)。求められたダブルパスでの収差量はシングルパスに換算され、その換算値から、図21の関係(あるいは前述した(8)式の関係)により、透明層厚みムラ δd が求められる。こうして求められた透明層厚みムラ δd が、図示しないコンピュータ内の記憶装置に記憶される(ステップST212)。

【0410】以上のようにして、試験ディスクの現試験対象位置*Pij*(最初は $i=1; j=1$)における透明層厚みムラ測定値の記憶が終了すると、新たな試験対象位置*Pij*(ここでは $i=1; j=2$)が指定される(ステップST214)。この新試験対象位置*Pij*($i=1; j=2$)が $i=1$ における試験ディスクの最終位置(j_{max})を越えていなければ(ステップST216ノー)、ステップST206~ST214の処理ループが再度実行される。このステップST206~ST214の処理ループは、新試験対象位置*Pij*が、 $i=1$ での最終位置($i=1; j=j_{max}$)を越えるまで反復される。

【0411】新試験対象位置*Pij*が $i=1$ における試験ディスクの円周方向最終位置(j_{max})を越えたならば(ステップST216イエス)、円周方向の位置パラメータ*j*が1にリセットされ(ステップST218)、半径方向の位置パラメータ*i*が1つインクリメントされる(ここでは $i=2$) (ステップST220)。すると、新たな位置*Pij*($i=2; j=1$)について、ステップST206~ST214の処理ループが再度実行される。この処理ループは、新試験対象位置*Pij*が、 $i=2$ での最終位置($i=2; j=j_{max}$)を越えるまで反復される。以下同様に、*i*がインクリメントされながら(ステップST220)、試験ディスクの半径方向最終位置(i_{max})を越えるまで(ステップST222ノー)、ステップST206~ST220の

処理ループが反復実行される。

【0412】新試験対象位置*Pij*が試験ディスクの半径方向最終位置(i_{max})を越えたならば(ステップST222イエス)、その試験ディスクの記録層全体に渡る波面収差データ(透明層厚みムラの測定値データ)の収集・記憶が済んだことになる。そこで、図示しない記憶装置に貯め込まれた透明層厚みムラの測定値のデータから、その平均値、最大ピーク値等を算出する。そして、算出した平均値が透明層厚みムラの管理上の規定値以下であるか?、および/または最大ピーク値が透明層厚みムラの規格上の上限値以下であるか?などの判断項目で、算出結果の評価(つまり試験ディスクの良否判定)を行う。さらに、記憶装置に貯め込まれた透明層厚みムラの測定値のデータを、(必要に応じてその評価結果とともに)、図示しないハードディスクやDVD RAMディスクなどの記憶媒体に、適宜バックアップする(ステップST222)。

【0413】以上で1枚の試験ディスクに対する検査および検査結果の保存処理が終了する。試験すべきディスクがまだあるときは、ステップST202に戻って、ステップST202~ST222の処理を反復する。

【0414】なお、ステップST214~ST222の処理において、インクリメントパラメータ*i*と*j*は、入れ替えて実施してもよい。すなわち、ステップST214~ST218では*i*をパラメータとして使用し、ステップST220~ST222で*j*をパラメータとして使用するようにしてもよい。また、ステップST200における校正処理は、試験ディスク1枚毎に行う必要は、必ずしもない。所定枚数(たとえば10000枚)の測定処理(ST202~ST222)が行われる毎に、あるいは連続した測定処理時間が所定時間(たとえば1時間)経過する毎に、ステップST200における校正処理を1回行えばよい。

【0415】図24の非破壊検査方法を用いれば、試験ディスクを逐一回転駆動しなくてもその透明保護層の厚みムラを検査できる。そのため、量産されるディスク個々の検査(厚みムラの良否判定)時間を短縮でき、メディアコストの削減に寄与する。また、この検査方法は非破壊検査なので、検査後良品と判定されたディスクは全て商品として出荷できる。

【0416】図25は、図19のシックネスサーボ系残留偏差値(球面収差対応データ)から被試験ディスクの透明層厚みムラを非破壊検査するとともに、同図のチルトサーボ系の検出信号(コマ収差対応データ)から被試験ディスクのそり状態を非破壊検査する手順を説明するフローチャート図である。

【0417】このフローチャートの処理手順は、たとえば図13、図14または図19に示す構成を備えたディスクドライブと、図示しないコンピュータ(パーソナルコンピュータなど)とを組み合わせることで、実行でき

る。

【0418】まず、透明保護層の厚みムラが規定値以下（たとえば透明層の厚み基準値が0.1mmであり、その厚みムラが0.01λrms以内）であり、半径方向および円周方向のそりも実質的にない標準ディスクを試験装置（透明層厚みムラの影響を抑制するシックネスサーボ系およびディスクのそりの影響を抑制するチルトサーボ系を持つ）にセットして、その装置を校正する（ステップST300）。

【0419】この校正処理において、使用する標準ディスク自身のそりは無視できるレベルであっても、ドライブ側ディスクランプ部の水平ブレなどに起因して無視できないチルト変動が測定系に生じるときは、その分も測定系の補正データとして事前に測定しておく。すなわち、標準ディスクをドライブに実装した状態で既知のラジアルチルト量および／または既知のタンジェンシャルチルト量を幾つか与えたときに検出されるウォブル信号振幅変化またはその差信号変化から、ラジアルチルト量および／またはタンジェンシャルチルト量とウォブル信号振幅変化またはその差信号変化との対応関係を事前に測定し、記憶しておく。この記憶した対応関係データ

（図15～図18に例示されるようなデータ）は、チルト発生要因を含む測定系でもって試験ディスクのチルト量を評価する場合に、測定系に起因するチルト分の影響を試験ディスクのチルト量から取り除くために利用される。

【0420】上記校正処理が済んだあと、試験装置のディスクドライブに、厚みムラ（ δd ）を伴ない得る透明層を持ち、かつそり（半径方向のそりおよび／または円周方向のそり）も伴い得る試験ディスク（100）をセットする（ステップST302）。そして、試験装置の初期設定を行う（ステップST304）。この初期設定においては、試験装置のシックネスサーボ系（500）のサーボゲインGが特定値（ $G=2\sim10000$ ）に設定され、光学ヘッドがトレースするトラック位置TRiのパラメータiが初期値の「1」に設定され、光学ヘッドが半径方向に移動する間隔を決めるトラックジャンプ間隔kが特定値（たとえば $k=10$ なら10トラック単位でトラックジャンプ）に設定される。その他に必要な初期設定事項（ラジアルチルトサーボ系および／またはタンジェンシャルチルトサーボ系のサーボゲインなど）があれば、ステップST304で行う。

【0421】続いて、試験対象トラックTRi（最初は $i=1$ ）を指定して、ディスクドライブを起動する（ステップST306）。すると、試験ディスクは、指定されたトラック位置TRiに対応した所定の回転速度で回転し、光学ヘッドがそのトラックTRi上をトレースして、エンボスピット（再生専用ディスクの場合）またはウォブルグループ（記録／再生用ディスクの場合）等からの反射光の状態が検出されるようになる。

【0422】光学ヘッドからの反射光の状態を光検知器で捉えることにより、図6、図13、図14その他を引用して説明したフォーカシングサーボ、シックネスサーボ、トラッキングサーボ、ラジアルチルトサーボ、タンジェンシャルチルトサーボなどが動作し、これらのサーボ動作は直ぐに安定状態に収斂する。

【0423】こうしてサーボ動作が安定状態に収斂したあと（ステップST308）、たとえば図22の厚みムラ測定値950から、シックネスサーボの残留偏差値を検出する（ステップST310）。こうして検出された残留偏差値と、ステップST304で設定したサーボゲインとの積（残留偏差値×G）を算出することにより、試験ディスクの（現トラックTRiにおける）透明層厚みムラが求まる。こうして求めた現トラックTRiでの透明層厚みムラ測定値は、図示しないコンピュータ内の記憶装置に記憶される（ステップST310）。

【0424】また、サーボ動作が安定状態に収斂したあと（ステップST308）、チルトサーボ系の検出信号すなわちチルトサーボで用いたウォブル検出信号振幅変化（またはその差信号変化）とチルト量との関係（図15～図18参照）から、試験ディスクのラジアル方向および／またはタンジェンシャル方向のコマ収差対応データ（ラジアル方向および／またはタンジェンシャル方向のチルト量）を求める（ステップST312）。

【0425】求めたデータは、ステップST300の校正処理において事前に記憶しておいた「標準ディスクをドライブに実装した状態で既知のチルトを幾つか与えたときに検出される、チルト量とウォブル信号振幅変化またはその差信号変化との対応関係」のデータにより、適宜補正する。こうして補正したラジアル方向および／またはタンジェンシャル方向のコマ収差対応データ（ラジアル方向および／またはタンジェンシャル方向のチルト量）を、図示しないコンピュータの記憶装置に記憶する（ステップST312）。

【0426】以上のようにして、試験ディスクの現トラックTRi（最初は $i=1$ ）における透明層厚みムラ測定値およびラジアルチルト量／タンジェンシャルチルト量の測定値の記憶が終了すると、新たな試験対象トラックTRi（ $i=i+k$ ）が指定される（ステップST314）。最初に $i=1$ であり $k=10$ に初期設定されているなら、ここでは $i=11$ となる。この新試験対象トラックTRi（ $i=i+k$ ）が試験ディスクの最終トラックを越えていなければ（ステップST316ノー）、ステップST306～ST314の処理ループが再度実行される。このステップST306～ST314の処理ループは、新試験対象トラックTRi（ $i=i+k$ ）が試験ディスクの最終トラックを越えるまで反復される。

【0427】新試験対象トラックTRi（ $i=i+k$ ）が試験ディスクの最終トラックを越えたならば（ステップST316イエス）、その試験ディスクのトラック全体

(kトラックづつの飛び飛び検査ではあるが)に渡る透明層厚みムラおよびラジアルチルト量/タンジェンシャルチルト量の測定値のデータが図示しない記憶装置に貯め込まれたことになる。

【0428】こうして貯め込まれた透明層厚みムラおよびラジアルチルト量/タンジェンシャルチルト量の測定値のデータから、それらの平均値、最大ピーク値等を算出する。そして、算出した平均値が透明層厚みムラまたはラジアルチルト量/タンジェンシャルチルト量の管理上の規定値以下であるか?、および/または最大ピーク値が透明層厚みムラまたはラジアルチルト量/タンジェンシャルチルト量の規格上の上限値以下であるか?などの判断項目で、算出結果の評価(つまり試験ディスクの良否判定)を行う。さらに、記憶装置に貯め込まれた透明層厚みムラおよびラジアルチルト量/タンジェンシャルチルト量の測定値のデータを、(必要に応じてその評価結果とともに)、図示しないハードディスクやDVD RAMディスクなどの記憶媒体に、適宜バックアップする(ステップST318)。

【0429】以上で1枚の試験ディスクに対する検査および検査結果の保存処理が終了する。試験すべきディスクがまだあるときは、ステップST302に戻って、ステップST302~ST318の処理を反復する。

【0430】なお、ステップST300における校正処理は、試験ディスク1枚毎に行う必要は、必ずしもない。所定枚数(たとえば10000枚)の測定処理(ST302~ST318)が行われる毎に、あるいは連続した測定処理時間が所定時間(たとえば1時間)経過する毎に、ステップST300における校正処理を1回行えばよい。

【0431】図25の非破壊検査方法を用いれば、量産されるディスクの透明保護層の厚みムラだけでなく、そのディスクの半径方向および/または円周方向のそりも同時に管理できる。

【0432】図26は、片面1層タイプの情報媒体において、媒体記録層を保護する透明層が屈折率1.47~1.67の範囲にある材質(ポリカーボネート、アクリル、カートンなど)で形成された場合の、透明層厚みムラ許容範囲(例1)を説明する図である。この片面1層タイプの情報媒体では、記録層表面上に透明保護層が設けられ、記録層裏面側に基板が設けられている。この基板は、必ずしも透明である必要はない。むしろ透明基板であってもよいが、その表面にレーザ光を遮るようなラベル等が印刷あるいは形成されていてもかまわない。

【0433】図26は、媒体透明層の基準厚が公称100 μ m(0.1mm)である場合において、透明層の屈折率nが1.47ないし1.67の範囲にあるときに、透明層の厚みムラ(ばらつき) δd が、 $\pm 10\mu$ mまで許されることを示している。なお、透明層厚の基準値(公称値)100 μ mは一例であって、この基準値は1

00 μ m以外に選ばれてもよい。

【0434】図26の四角い範囲(屈折率範囲が1.47~1.67で厚み範囲が90 μ m~110 μ mのエリアA10)に該当する材質としては、

*波長405nmにおいて屈折率n=1.62のポリカーボネート;

*波長405nmにおいて屈折率n=1.52のカーテン;

*波長405nmにおいて屈折率n=1.56のアクリル(紫外線硬化樹脂/UV硬化樹脂)などがある。

【0435】片面1層タイプの情報媒体(録再可能光ディスク)では、エンボス光反射層または未記録層の場合、反射率Rは例えば15%~25%程度となる。一方、記録済みの記録層では、反射率Rは例えば1%程度となる。片面1層タイプの記録層の透過率Tは、例えば0%とされる。したがって、片面1層タイプの情報媒体では、反射(15%~25%)した残りが全て吸収されることになる(つまり吸収率A=75%~85%)。

【0436】図27は、片面1層タイプの情報媒体において、媒体記録層を保護する透明層が屈折率1.57~1.67の範囲にある材質(ポリカーボネートなど)で形成された場合の、透明層厚みムラ許容範囲(例2)を説明する図である。

【0437】図27は、媒体透明層の基準厚が公称100 μ m(0.1mm)である場合において、透明層の屈折率nが1.57ないし1.67の範囲にあるときに、透明層の厚みムラ(ばらつき) δd が、屈折率の中心値(1.62 \pm 0.05)よりも低い側では $+15\mu$ m/ -5μ mまで許され、屈折率の中心値よりも高い側では $\pm 10\mu$ mまで許されることを示している。なお、透明層厚の基準値(公称値)100 μ mは一例であって、この基準値は100 μ m以外に選ばれてもよい。

【0438】透明層の厚みが0.1mmと薄い場合、透明層厚みムラ許容範囲の規定方法としては、実用上の観点からは、図26に例示したように四角いエリアA10で規定する方法が有力である。しかし、より厳密に考えれば、透明基板の許容厚み下限値を同じ(たとえば90 μ mで一定)にしたまま屈折率だけを下げて行くと、厚みを減らした場合と同様に波面収差量(球面収差)が増大する(図2(b)参照)。この屈折率減少(収差発生量に関しては透明層の厚さ減と等価)による収差増の影響を抑えることを考慮すると、屈折率の低い側で斜め左に持ち上がったグラフになる。一方、屈折率の高い側では、屈折率増加(収差発生量に関しては透明層の厚さ増と等価)による収差増の影響の程度は、屈折率の低い側よりも小さい(極端に例示すれば、100 μ mから90 μ m増えて190 μ mつまり1.9倍になった場合の収差増大の影響は、厚みが100 μ mから90 μ m減って10 μ mつまり1/10になった場合の収差増大の影響よりも小さい)。このことに実用上の観点を加味する

と、屈折率の高い側では四角いグラフでよいことになる。こうして定まった六角形の透明層厚みムラ許容範囲が、図27のエリアA11である。

【0439】図28は、片面1層タイプの情報媒体において、媒体記録層を保護する透明層が屈折率1.42～1.72の範囲にある材質で形成された場合の、透明層厚みムラ許容範囲（例3）を説明する図である。

【0440】図28は、媒体透明層の基準厚が公称100 μ m（0.1mm）である場合において、透明層の屈折率 n が1.42ないし1.72の範囲にあるときに、透明層の厚みムラ（ばらつき） δd が、屈折率の中心値（1.57）よりも低い側では+86 μ m／-34 μ mまで許され、屈折率の中心値よりも高い側では±60 μ mまで許されることを示している。なお、透明層厚の基準値（公称値）100 μ mは一例であって、この基準値は100 μ m以外に選ばれてもよい。

【0441】図28の透明層厚みムラ許容範囲を示すエリアA12が六角形となる理由は、図27の場合と同様である。また図28の透明層厚みムラ許容範囲のうち厚みムラの幅が大きい（+86 μ m～-60 μ m）のは、大きな厚みムラがあっても、図6その他のシックネスサーボ系500のサーボゲイン G が大きければ、この大きな厚みムラの影響を実用上問題ないレベルまで抑えることができるからである。

【0442】図26～図28の情報媒体（片面1層タイプの録再可能光ディスク）を用いる装置（光ディスクドライブまたはこのドライブを持つレコーダ／プレーヤ）において、開口数 NA が大きい（例えば0.85）の対物レンズが採用されている場合、媒体透明層の厚みムラはかなり小さく（5 μ m程度）抑えられていないと、実際の運用上では記録および／または再生に支障をきたす可能性がある。しかし、十分なサーボゲイン G を持ったシックネスサーボをこの装置に採用すれば、サーボゲイン G が大きいほど厚みムラの影響が縮小されるので、透明層厚みムラが多少大きくても、正常な記録および／または再生が可能となる。このことから、図26の例においては透明層の厚みムラが最大10 μ mまで許され、図27の例においては透明層の厚みムラが最大15 μ mまで許され、図28の例においては透明層の厚みムラが最大90 μ m程度まで許されている。

【0443】図29は、片面2層タイプの情報媒体において、媒体記録層を保護する透明層が屈折率1.47～1.67の範囲にある材質（ポリカーボネート、アクリル、カートンなど）で形成された場合の、透明層厚みムラ許容範囲（例4）を説明する図である。この片面2層タイプの情報媒体では、透明なスペース層を挟んで第1の記録層および第2の記録層が接合され、第1の記録層表面上に透明保護層が設けられ、第2の記録層裏面側に基板が設けられている。この基板は、必ずしも透明である必要はない。むしろ透明基板であってもよいが、その

表面にレーザ光を遮るようなラベル等が印刷あるいは形成されていてもかまわない。

【0444】図29は、媒体透明層の基準厚が公称100 μ m（0.1mm）である場合において、透明層の屈折率 n が1.47ないし1.67の範囲にあるときに、透明層の厚みムラ（ばらつき） δd が、±15 μ mまで許されることを示している。片面2層タイプ（図29）の透明層厚みムラ（±15 μ m）では片面1層タイプ（図26）の透明層厚みムラ（±10 μ m）よりも大きなばらつき（5 μ m多い）を認めている。その理由は、片面1層タイプにはないスペース層の厚みムラの影響（ここでは±5 μ m）を見込んでいるためである。なお、スペース層自体は、たとえば20 μ m±10 μ m程度に管理される。また、透明層厚の基準値（公称値）100 μ mは一例であって、この基準値は100 μ m以外に選ばれてもよい。

【0445】図29の四角い範囲（屈折率範囲が1.47～1.67で厚み範囲が85 μ m～115 μ mのエリアA20）に該当する材質としては、片面1層タイプ（図26）の場合と同様に、

*波長405nmにおいて屈折率 n =1.62のポリカーボネート；

*波長405nmにおいて屈折率 n =1.52のカートン；

*波長405nmにおいて屈折率 n =1.56のアクリル（紫外線硬化樹脂／UV硬化樹脂）などがある。

【0446】片面2層タイプの情報媒体（録再可能光ディスク）では、表面側1層目の第1記録層および内側2層目の第2記録層が未記録層である場合、それらの反射率 R は例えば4.2%程度となる。片面2層タイプでは、エンボス層の反射率 R も4.2%程度とする。一方、記録済みの第1および第2記録層では、それらの反射率 R は例えば10.8%～11.3%程度となる。片面2層タイプの第1記録層の透過率 T は60%程度とされ、その吸収率 A は30%程度とされる（ $R+T+A=100\%$ ）。

【0447】図30は、片面2層タイプの情報媒体において、媒体記録層を保護する透明層が屈折率1.57～1.67の範囲にある材質（ポリカーボネートなど）で形成された場合の、透明層厚みムラ許容範囲（例5）を説明する図である。

【0448】図30は、媒体透明層の基準厚が公称100 μ m（0.1mm）である場合において、透明層の屈折率 n が1.57ないし1.67の範囲にあるときに、透明層の厚みムラ（ばらつき） δd が、屈折率の中心値（1.62±0.05）よりも低い側では+20 μ m／-10 μ mまで許され、屈折率の中心値よりも高い側では±15 μ mまで許されることを示している。なお、透明層厚の基準値（公称値）100 μ mは一例であって、この基準値は100 μ m以外に選ばれてもよい。

【0449】図30（片面2層タイプ）の厚みムラ範囲（ $\pm 15 \mu\text{m}$ ）が図27（片面1層タイプ）の厚みムラ範囲（ $\pm 10 \mu\text{m}$ ）よりも大きい理由は、図30（片面2層タイプ）ではスペース層の厚みムラの影響（ $\pm 5 \mu\text{m}$ ）がさらに考慮されているからである。また、図30の透明層厚みムラ許容範囲を示すエリアA21が六角形となる理由は、図27で説明した理由と同様である。

【0450】図31は、片面2層タイプの情報媒体において、媒体記録層を保護する透明層が屈折率1.42～1.72の範囲にある材質で形成された場合の、透明層厚みムラ許容範囲（例6）を説明する図である。

【0451】図31は、媒体透明層の基準厚が公称100 μm （0.1mm）である場合において、透明層の屈折率 n が1.42ないし1.72の範囲にあるときに、透明層の厚みムラ（ばらつき） δd が、屈折率の中心値（1.57）よりも低い側では+129 μm ／-51 μm まで許され、屈折率の中心値よりも高い側では±90 μm まで許されることを示している。なお、透明層厚の基準値（公称値）100 μm は一例であって、この基準値は100 μm 以外に選ばれてもよい。

【0452】図31の透明層厚みムラ許容範囲を示すエリアA22が六角形となる理由は、図27の場合と同様である。また図31の透明層厚みムラ許容範囲のうち厚みムラの幅が大きい（+129 μm ～-90 μm ）のは、大きな厚みムラがあっても、図6その他のシッケネスサーボ系500のサーボゲイン G が大きければ、この大きな厚みムラの影響を実用上問題ないレベルまで抑えることができるからである。

【0453】図29～図31の情報媒体（片面2層タイプの録再可能光ディスク）を用いる装置（光ディスクドライブまたはこのドライブを持つレコーダ／プレーヤ）において、開口数 NA が例えば0.85の対物レンズが採用されている場合、（スペース層の厚みムラも含めた）媒体透明層の厚みムラを5 μm 程度に抑えないと、実際の運用上では記録および／または再生が正常にできない可能性が高い。しかし、十分なサーボゲイン G を持ったシッケネスサーボをこの装置に採用すれば、サーボゲイン G が大きいほど厚みムラの影響が縮小されるので、透明層厚みムラが5 μm を大きく越えても、正常な記録および／または再生が可能となる。このことから、図29の例においては透明層の厚みムラが最大15 μm まで許され、図30の例においては透明層の厚みムラが最大20 μm まで許され、図31の例においては透明層の厚みムラが最大130 μm 程度まで許されている。

【0454】***片面1層または片面2層ディスクの管理データについてのまとめ***

透明層の厚みは図26～図31の図示参照；片面2層の場合のスペース層の厚みは、 $20 \pm 10 \mu\text{m}$ 以内；1枚のディスク内におけるスペース層のばらつきは $\pm 10 \mu\text{m}$ 以内；ディスク1回転以内におけるスペース層のばら

つきは $\pm 4 \mu\text{m}$ 以内；基板（ポリカーボネートの場合）の屈折率 n は 1.62 ± 0.05 以内；反射光の角度ずれ（チルト）は、半径方向で $\pm 0.70^\circ$ 以内；反射光の角度ずれ（チルト）は、円周方向で $\pm 0.30^\circ$ 以内；基板の複屈折は最大10nm。

【0455】片面2層ディスクにおけるスペース層のばらつきの具体的な数値（ $\pm 10 \mu\text{m}$ 、 $\pm 4 \mu\text{m}$ ）は、収差補正系（シッケネスサーボ系）のダイナミックレンジおよび第1記録層～第2記録層間のクロストークの影響に応じて決定できる。

【0456】***その他***

図26～図31において、媒体透明層の屈折率 n の許容変動範囲（横軸）については、装置（光学ヘッドおよび／またはディスクドライブ）全体の動作上のマージン配分に基づいて最終決定できる。また、媒体透明層の厚みの許容変動範囲（縦軸）については、球面収差補正系（シッケネスサーボ系）の動作上のダイナミックレンジ、サーボ応答帯域、全体のマージン配分などを見込んで最終決定できる。

【0457】図26～図31に示された屈折率 n （横軸）および厚みムラ δd （縦軸）は、前述した（4）式～（9）式における n および δd に対応している。したがって、例えば図26のエリアA10の外縁（ $n=1.47$ における $\delta d=\pm 10 \mu\text{m}$ 、および $n=1.67$ における $\delta d=\pm 10 \mu\text{m}$ ）と使用する対物レンズの開口数 NA （例えば0.85）とが定めれば、透明層の厚みムラおよび屈折率の変動幅が図26のエリアA10に収まることを保証する波面収差のrms値（図21の縦軸 Wc_{rms} ）の幅も、求まる。

【0458】また、透明保護層を例えばスピンコート法で作成する場合において、スピンコートの温度、回転速度、回転時間、保護層材料の粘性等をどのように定めるかの指針の1つとして、「媒体の保護層～記録層間の厚みを、収差制御（シッケネスサーボ）後の残留偏差0.07 λ 以下に管理する」方法を利用した品質管理を用いることができる。

【0459】なお、この発明は上記各実施の形態に限定されるものではなく、その実施の段階ではその要旨を逸脱しない範囲で種々な変形・変更が可能である。

【0460】また、各実施の形態は可能な限り適宜組み合わせられて実施されてもよく、その場合組み合わせによる効果が得られる。

【0461】さらに、上記実施の形態には種々な段階の発明が含まれており、この出願で開示される複数の構成要件における適宜な組み合わせにより種々の発明が抽出され得る。たとえば、実施の形態に示される全構成要件から1または複数の構成要件が削除されても、この発明の効果のうち少なくとも1つが得られるときは、この構成要件が削除された構成が発明として抽出され得るものである。

【0462】

【発明の効果】(A1) 波面収差の球面収差成分の収差量を用いて「厚みムラ補正(シックネスサーボ) 前の厚みムラ量」、「厚みムラ補正(シックネスサーボ) のサーボゲイン設定」、「残留偏差量設定」等を統括的に行えるので、装置(光ディスクドライブ、このドライブを用いたプレーヤ、またはこのドライブを用いたレコーダ)における厚みムラ補正用のサーボ回路の設計が非常に容易となる。

【0463】(A2) 波面収差の球面収差成分の収差量を用いて残留偏差量の設定が行えるので、装置(光ディスクドライブ、このドライブを用いたプレーヤ、またはこのドライブを用いたレコーダ)における他の変動要因(トラッキングサーボ系、フォーカシングサーボ系、チルトサーボ系などにおける変動要因)との間のマージン配分を統括的に行え、サーボ系の設計におけるマージン配分設計が非常に容易となる。

【0464】すなわち、許容焦点ばけ量や情報媒体の許容傾き量などの変動要因も波面収差量(デフォーカス成分、コマ収差成分など)に換算でき、各波面収差量の割付けによりマージン配分が行えるようになる。

【0465】(A3) 装置(光ディスクドライブ、このドライブを用いたプレーヤ、またはこのドライブを用いたレコーダ)における厚みムラ補正(シックネスサーボ)の特性を元に透明層の厚みムラ範囲を規定できるため、透明層の厚みムラがこの規定範囲の上限以下に含まれる情報媒体を用いた場合では、記録または再生特性に対して高い信頼性と安定性を確保できる。

【0466】(A4) 厚みムラ補正(シックネスサーボ)機能を持たない従来の装置では、再生時もしくは記録時に球面収差量を小さくする必要があり、情報媒体の透明層の厚みムラに対する要求精度が非常に高くなる(特にNAが0.65を越える場合にはその要求が顕著となる)。

【0467】しかし、透明層の厚みムラの精度良く製造することは非常に難しく、厚みムラに対する要求精度を高くすると、媒体製造時の歩留まりが低下する。その結果、情報媒体の販売価格が非常に高くなる。

【0468】それに比べて、この発明により装置(光ディスクドライブ、このドライブを用いたプレーヤ、またはこのドライブを用いたレコーダ)に厚みムラ補正(シックネスサーボ)機能を持たせると、情報媒体の透明層の厚みムラ許容量が飛躍的に増加する。その結果、情報媒体の製造歩留まりが大幅に増加し、販売価格を格段に下げることが可能となる。

【0469】(B1) 情報媒体の透明層の厚みを非破壊測定できるので、測定後の情報媒体をそのまま製品として使用できるため、歩留まりが高くなり、情報媒体の低価格化が可能となる。

【0470】(B2) 情報媒体の透明層の厚みの測定精

度も非常に高くできる。

【0471】(C1) 透明層の厚さのばらつきと透明層の屈折率のばらつきを所定の範囲に規定することで、再生系あるいは記録再生系における諸サーボ系の最適設計が可能になる。

【0472】(D1) 片面2層ディスクにおける透明層の厚さのばらつきと透明層の屈折率のばらつきを所定の範囲に規定することで、透明層下の2つの記録層双方に対する再生系あるいは記録再生系の諸サーボ系の最適設計が可能になる。

【0473】(D2) 厚みムラ補正(シックネスサーボ)を前提とすることで片面2層構造を持つ情報媒体のディスク表面から各層の光反射層または記録層までの厚み精度を大幅に緩和させ、情報媒体の製造歩留まりを飛躍的に向上させるとともに情報媒体価格も大幅に下げることができる。

【0474】(D3) 厚みムラ補正(シックネスサーボ)を前提とすることで、片面2層構造を持つ情報媒体に対しても、非常に安定かつ高い信頼性でもって、再生もしくは記録処理を保証できる。

【0475】(E1) たとえフォーカシングサーボにより焦点が最良点に自動調整されていても収差によりレーザスポットサイズが大きくなってしまふことを、フォーカシングサーボとはサーボループが独立したシックネスサーボにより、確実に防ぐことができる。

【0476】(F1) ディスク(情報媒体)に反りがあっても対物レンズの中心光軸をディスク記録面に対して垂直に保つチルトサーボが可能なので、コマ収差によるレーザスポットサイズの増大を防止できる。

【0477】(G1) シックネスサーボおよび/またはチルトサーボの光学系+回路系から差分プッシュプル(DPP)信号を取り出せるようにしたので、シックネスサーボおよび/またはチルトサーボの光学系および回路系の一部をDPPにも利用できる。このようにすれば、DPP込みでのトータルコストを抑えることができる。

【0478】別の見方をすれば、他目的(DPP法によるトラッキングサーボ)のために既に設けてある光学系を利用してシックネスサーボなどのための収差検出光学系を構成できるので、光学ヘッドの製品コストを抑えることができる。

【0479】また光学ヘッドの光学系が収差検出光学系のために更に複雑化することがないので、光学ヘッドの小型軽量化にも寄与する。

【0480】(G2) シックネスサーボおよび/またはチルトサーボの光学系+回路系からクロストークキャンセル(CTC)信号を取り出せるようにしたので、シックネスサーボおよび/またはチルトサーボの光学系および回路系の一部をCTCにも利用できる。このようにすれば、CTC込みでのトータルコストを抑えることがで

きる。

【0481】別の見方をすれば、他目的（CTC法によるクロストーク抑制）のために既に設けてある光学系を利用してシックネスサーボなどのための収差検出光学系を構成できるので、光学ヘッドの製品コストを抑えることができる。

【0482】また光学ヘッドの光学系が収差検出光学系のために更に複雑化することがないので、光学ヘッドの小型軽量化にも寄与する。

【0483】（G3）シックネスサーボおよび/またはチルトサーボの光学系+回路系から差分プッシュプル（DPP）およびクロストークキャンセル（CTC）の信号を取り出すこともできるので、シックネスサーボおよび/またはチルトサーボの光学系+回路系の一部をDPPおよびCTCに流用できることになる。このため、DPPやCTCの機能込みでの装置構成を単純化できるため、装置（光学ヘッド、ディスクドライブまたはレコーダ/プレーヤ）の小型軽量化およびトータルコスト削減を実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】凸レンズの球面収差および凹凸レンズの組み合わせによる球面収差補正メカニズム（透明層なしの場合）を説明する図。

【図2】情報媒体（光ディスク）の記録層上に設けられた透明層の厚みムラ（および/または屈折率ムラ）による球面収差の発生メカニズムを説明する図。

【図3】厚みムラ補正用凹レンズ、厚みムラ補正用凸レンズ、および対物レンズの相対位置関係により、球面収差の発生状況を調整できることを説明する図。

【図4】図3の厚みムラ補正用凹レンズ、厚みムラ補正用凸レンズ、および対物レンズを1つの光学系ユニット70としてブラックボックス化した場合において、記録層上に設けられた透明層の厚みムラによる球面収差が発生すると、光学系ユニット70を通過した記録面上からの反射光がどのようなようになるかを説明する図。

【図5】焦点ぼけ補正なし（収差なしの状態において対物レンズ中央で合焦・ジャストフォーカスに固定）で球面収差のみを与えたときに、記録面上に生じる集光スポットの強度分布が球面収差によりどのように変化するかを説明するとともに、各球面収差に対応して集光スポットの形状（サイズ/幅）がどのようなようになるかを例示する図。

【図6】情報媒体透明層の厚みムラ（および/または屈折率ムラ）による球面収差の影響を抑制する手段（シックネスサーボ系）、情報媒体記録面上での焦点ぼけを極小化する手段（フォーカシングサーボ系）などを備えた装置（光ディスクドライブまたは記録/再生装置の要部）の構成を説明する図。

【図7】図6に示された各種サーボ系の内部構成の具体例を説明するブロック図。

【図8】図6の構成において、球面収差を利用したシックネスサーボがどのように具現されるかを説明する図。

【図9】焦点ぼけ補正なし（収差なしの状態において対物レンズ中央で合焦・ジャストフォーカスに固定）で球面収差のみを与えたときに、集光スポットの特性（相対的中心強度、スポット幅）がどのように変化するかを説明するグラフ図。

【図10】図6の構成から、互いに独立したシックネスサーボ系およびフォーカシングサーボ系を抽出して示すブロック図。

【図11】焦点ぼけ補正なし（収差なしの状態において対物レンズ中央で合焦・ジャストフォーカスに固定）でコマ収差のみを与えたときに、記録面上に生じる集光スポットの強度分布がコマ収差によりどのように変化するかを説明するとともに、コマ収差を与えたときの集光スポットにどのようなサイドローブが生じるかを例示する図。

【図12】コマ収差によるサイドローブを伴う複数のサブビームで挟まれたメインビームが媒体記録面上にどのような集光スポットを形成するかを説明するとともに、これらの集光スポットの状態を検出する光検出用セル群を例示する図。

【図13】コマ収差によるサイドローブを伴う複数のサブビームを利用して情報媒体（光ディスク）のそり（ディスク半径方向のラジアルチルトおよびディスク円周方向のタンジェンシャルチルト）の影響を抑制する手段（チルトサーボ系）を備えた装置（光ディスクドライブまたは記録/再生装置の要部）の構成を説明する図。

【図14】図13のラジアルチルトサーボ系およびタンジェンシャルチルトサーボ系各々を、図7に示すシックネスサーボ系と同様に構成する場合を例示する図。

【図15】情報媒体（光ディスク）の半径方向のそり具合（ラジアルチルト量）と、ウォブル検出信号振幅またはエンボスピット再生信号振幅との関係を例示するグラフ図。

【図16】情報媒体（光ディスク）の半径方向のそり具合（ラジアルチルト量）と、ウォブルグループの差信号による検出信号またはエンボスピットの和信号による検出信号との関係を例示するグラフ図。

【図17】情報媒体（光ディスク）の円周方向のそり具合（タンジェンシャルチルト量）と、ウォブル検出信号振幅またはエンボスピット再生信号振幅との関係を例示するグラフ図。

【図18】情報媒体（光ディスク）の円周方向のそり具合（タンジェンシャルチルト量）と、ウォブルグループの差信号による検出信号またはエンボスピットの和信号による検出信号との関係を例示するグラフ図。

【図19】図6の構成と図13または図14の構成とを組み合わせた場合（この場合、図6の片面処理プログラム素子20Aを両面処理プログラム素子20Cと置換

し、図 13 または図 14 のビーム検出セル 92～99 を図 6 のビーム検出セル 92～96 のように斜め配置とする)において、互いに独立したトラッキングサーボ系、シックネスサーボ系、フォーカシングサーボ系およびチルトサーボ系を抽出して示すブロック図。

【図 20】波面収差アナライザを利用して情報媒体透明層の厚みムラ量を検査する方法を説明する図。

【図 21】図 20 の検査方法で求めた波面収差 (球面収差) の rms 値 ($W_{c rms}$) と媒体透明層の厚みムラ量 δd との関係を示すグラフ図。

【図 22】他のサーボ系から独立したシックネスサーボ系から媒体透明層の厚みムラ量 δd に対応した測定値 950 を抽出する構成を説明する図。

【図 23】図 22 の厚みムラ測定値 950 を利用して被試験ディスクの透明層厚みムラを非破壊検査するとともに、被試験ディスクの透明層厚みムラに関する良否判定を行う手順を説明するフローチャート図。

【図 24】図 20 の厚みムラ検査方法を利用して被試験ディスクの透明層厚みムラを非破壊検査するとともに、被試験ディスクの透明層厚みムラに関する良否判定を行う手順を説明するフローチャート図。

【図 25】図 19 のシックネスサーボ系残留偏差値 (球面収差対応データ) から被試験ディスクの透明層厚みムラを非破壊検査するとともに、同図のチルトサーボ系の検出信号 (コマ収差対応データ) から被試験ディスクのそり状態を非破壊検査する手順を説明するフローチャート図。

【図 26】片面 1 層タイプの情報媒体において、媒体記録層を保護する透明層が屈折率 1.47～1.67 の範囲にある材質 (ポリカーボネート、アクリル、カートンなど) で形成された場合の、透明層厚みムラ許容範囲 (例 1) を説明する図。

【図 27】片面 1 層タイプの情報媒体において、媒体記録層を保護する透明層が屈折率 1.57～1.67 の範囲にある材質 (ポリカーボネートなど) で形成された場合の、透明層厚みムラ許容範囲 (例 2) を説明する図。

【図 28】片面 1 層タイプの情報媒体において、媒体記録層を保護する透明層が屈折率 1.42～1.72 の範囲にある材質で形成された場合の、透明層厚みムラ許容

範囲 (例 3) を説明する図。

【図 29】片面 2 層タイプの情報媒体において、媒体記録層を保護する透明層が屈折率 1.47～1.67 の範囲にある材質 (ポリカーボネート、アクリル、カートンなど) で形成された場合の、透明層厚みムラ許容範囲 (例 4) を説明する図。

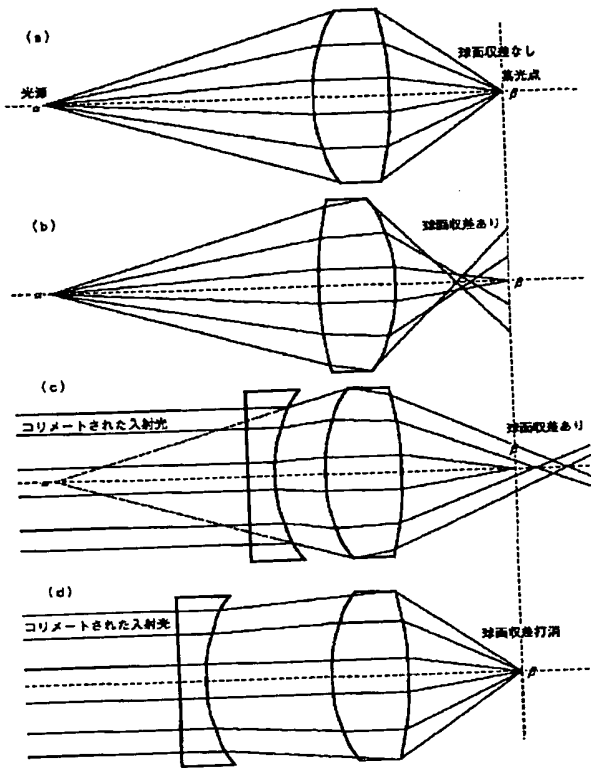
【図 30】片面 2 層タイプの情報媒体において、媒体記録層を保護する透明層が屈折率 1.57～1.67 の範囲にある材質 (ポリカーボネートなど) で形成された場合の、透明層厚みムラ許容範囲 (例 5) を説明する図。

【図 31】片面 2 層タイプの情報媒体において、媒体記録層を保護する透明層が屈折率 1.42～1.72 の範囲にある材質で形成された場合の、透明層厚みムラ許容範囲 (例 6) を説明する図。

【符号の説明】

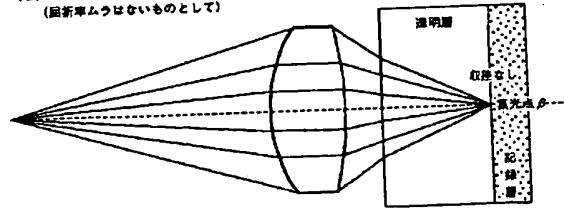
10、1000…レーザ光源；20A、20B、20C…ホログラム素子；30、1004…ビームスプリッタ；40A、40B、1002…コリメートレンズ；50…厚みムラ補正用凹レンズ；52…厚みムラ補正用凸レンズ；54…厚みムラ補正用凸レンズ駆動コイル；1006…光学的収差を抑制する光学系；60、1008…対物レンズ；62…焦点ぼけ補正用駆動コイル；64…トラックずれ補正用駆動コイル；70…光学系ユニット (厚みムラ補正用凹凸レンズ対および対物レンズを含むユニット)；80…シリンドリカルレンズ；90A、90B…光検出器；92…メインビーム検出用セル；93～99…サブビーム検出用セル；1010…ミラー；1012…CCD モニタ；1014…波面収差 (球面収差) アナライザ；100…光ディスク (1 層または 2 層の記録層を持つ情報媒体)；201～208…プリアンプ；300…再生信号検出回路系；400…トラックずれ検出・補正制御回路系 (トラッキングサーボ系)；500…透明層の厚みムラ (屈折率ムラ) 検出・補正制御回路系 (シックネスサーボ系)；600…焦点ぼけ検出・補正制御回路系 (フォーカシングサーボ系)；900…波面収差 (球面収差) 検出部；910…焦点ぼけ検出部；920…トラックずれ検出部；930…コマ収差検出部；950…透明層厚みムラ測定値 (検出信号)。

【図1】

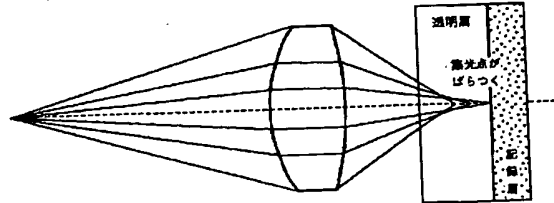


【図2】

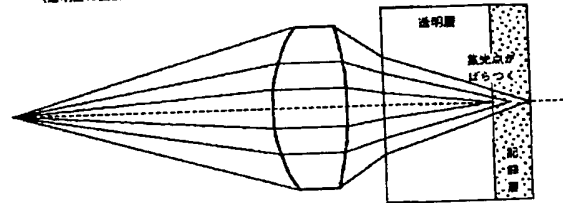
(a) 球面収差のない光学系を用いて、透明厚が基準値の記録層に焦点を結んだ状態
(屈折率ムラはないものとして)



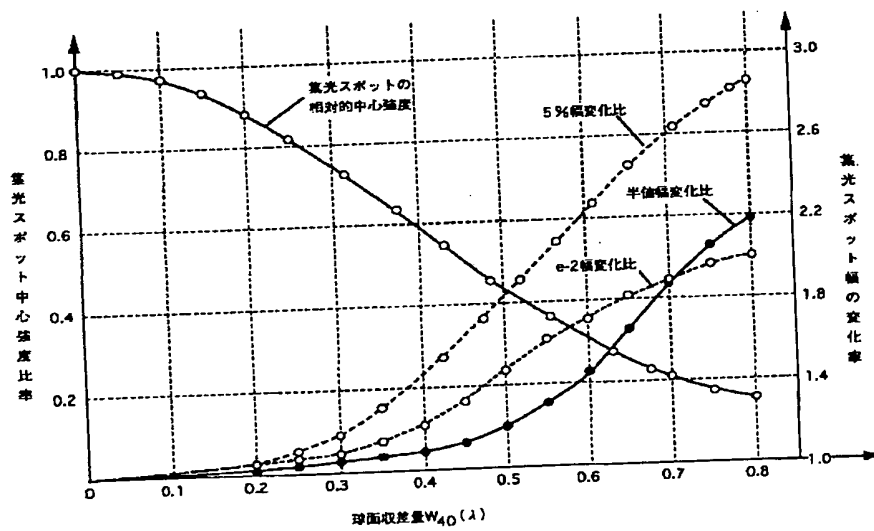
(b) 透明層の厚さが基準値よりも薄い方にばらついて収差が発生した状態
(透明層の屈折率が小さい方にばらついたときも同様)



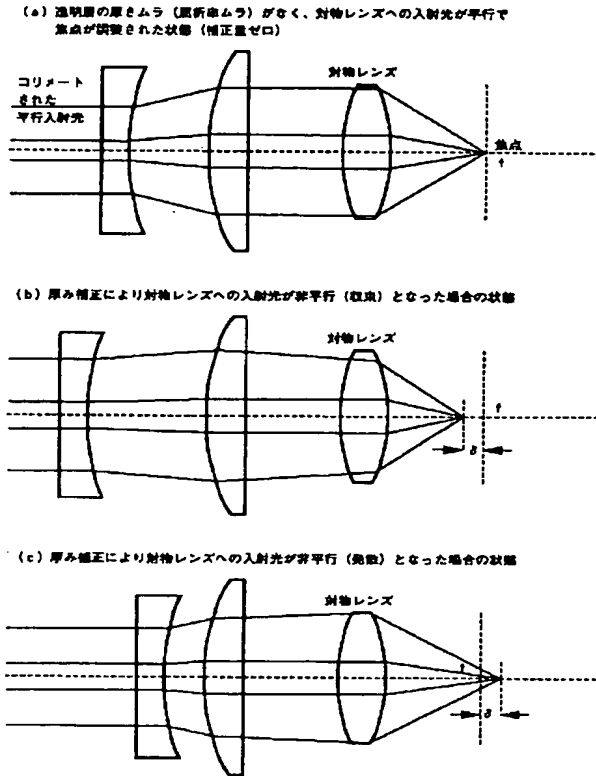
(c) 透明層の厚さが基準値よりも厚い方にばらついて収差が発生した状態
(透明層の屈折率が大きい方にばらついたときも同様)



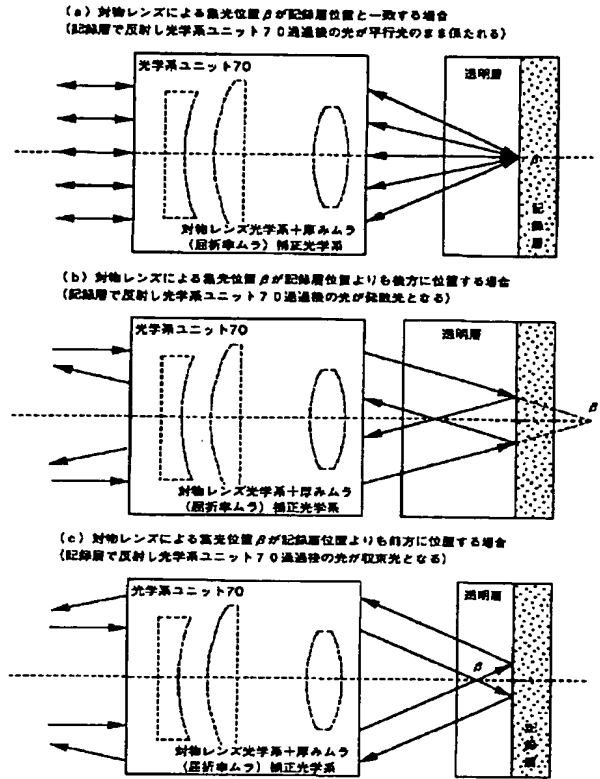
【図9】



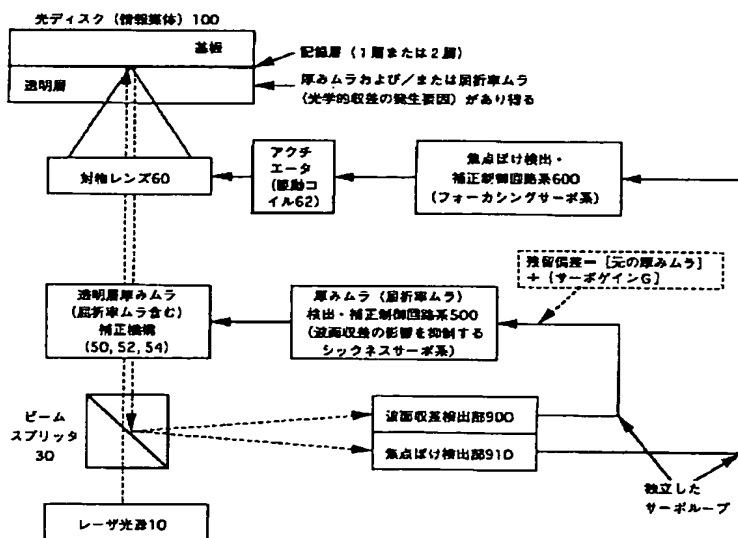
【図3】



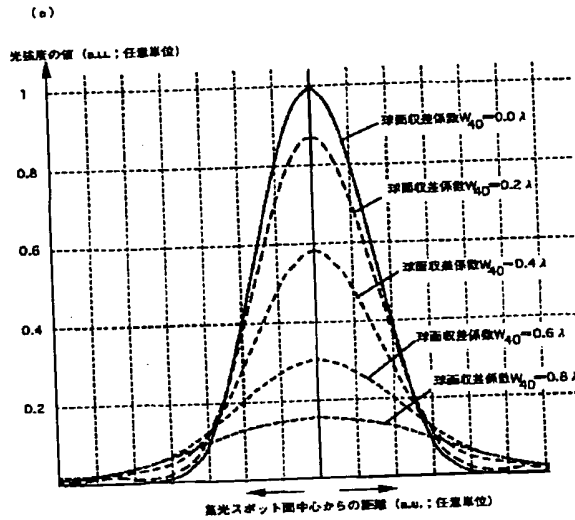
【図4】



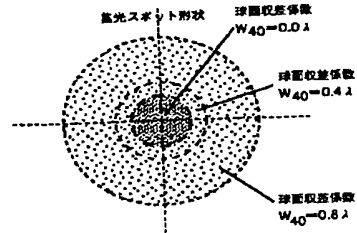
【図10】



【図5】

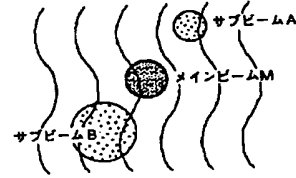


(b)

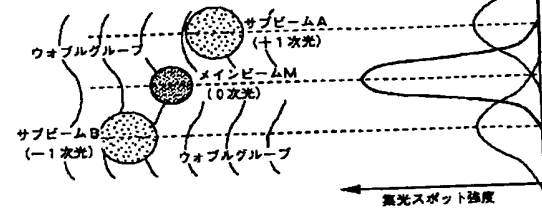


【図8】

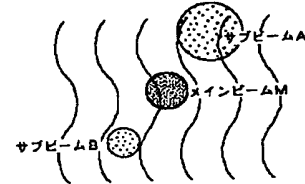
(a) 厚みムラにより、サブビームAのスポットサイズが減少し、サブビームBのスポットサイズが増大



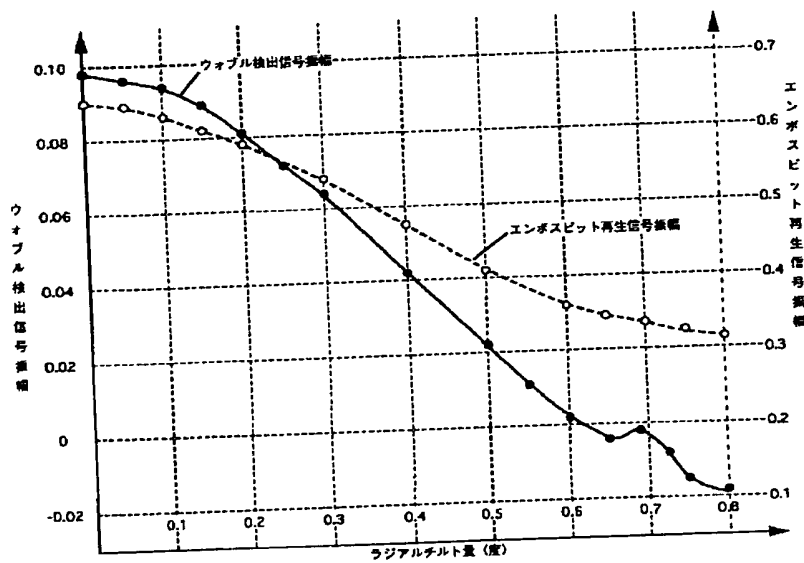
(b) サブビームAの収差=サブビームBの収差
(メインビームMの収差はゼロまたは極小)



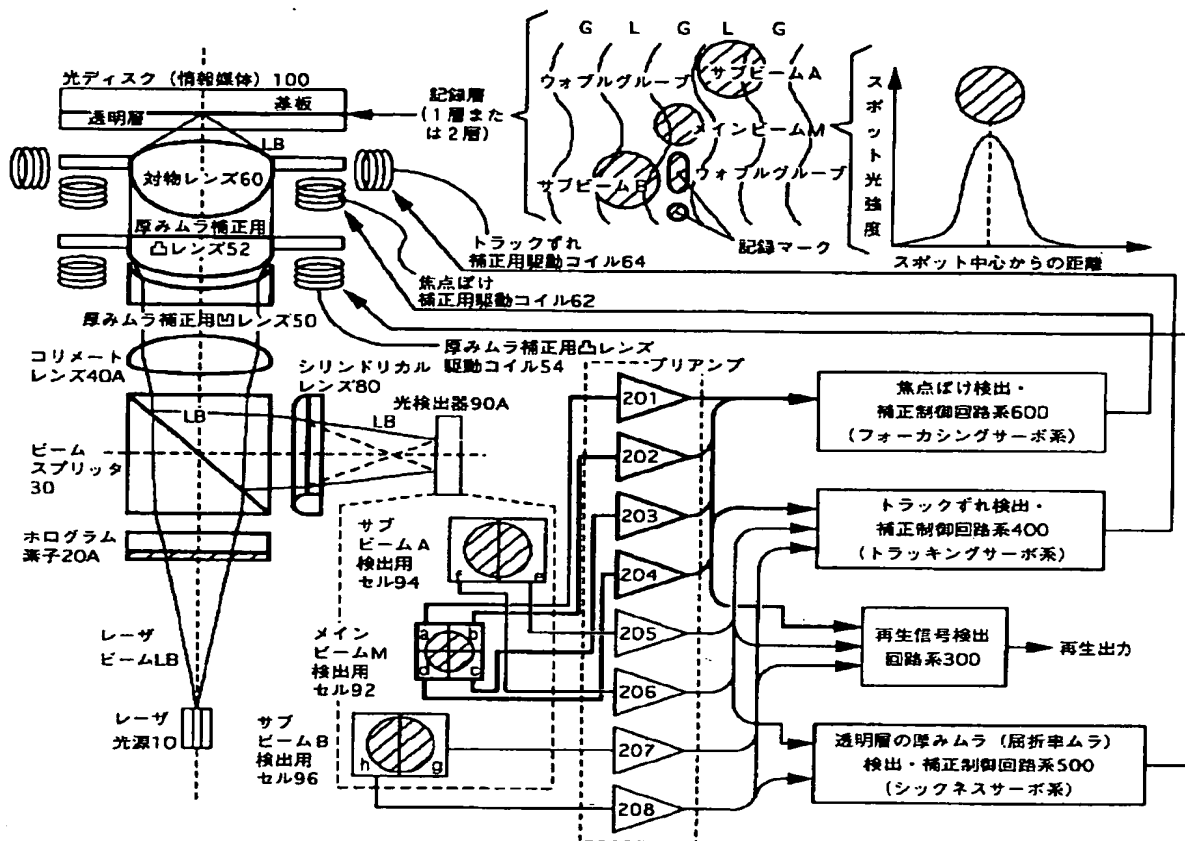
(c) 厚みムラにより、サブビームAのスポットサイズが増大し、サブビームBのスポットサイズが減少



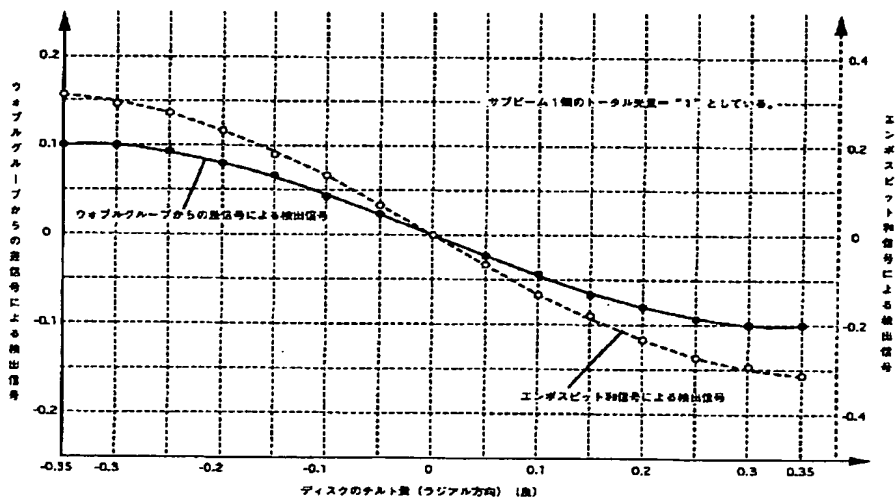
【図15】



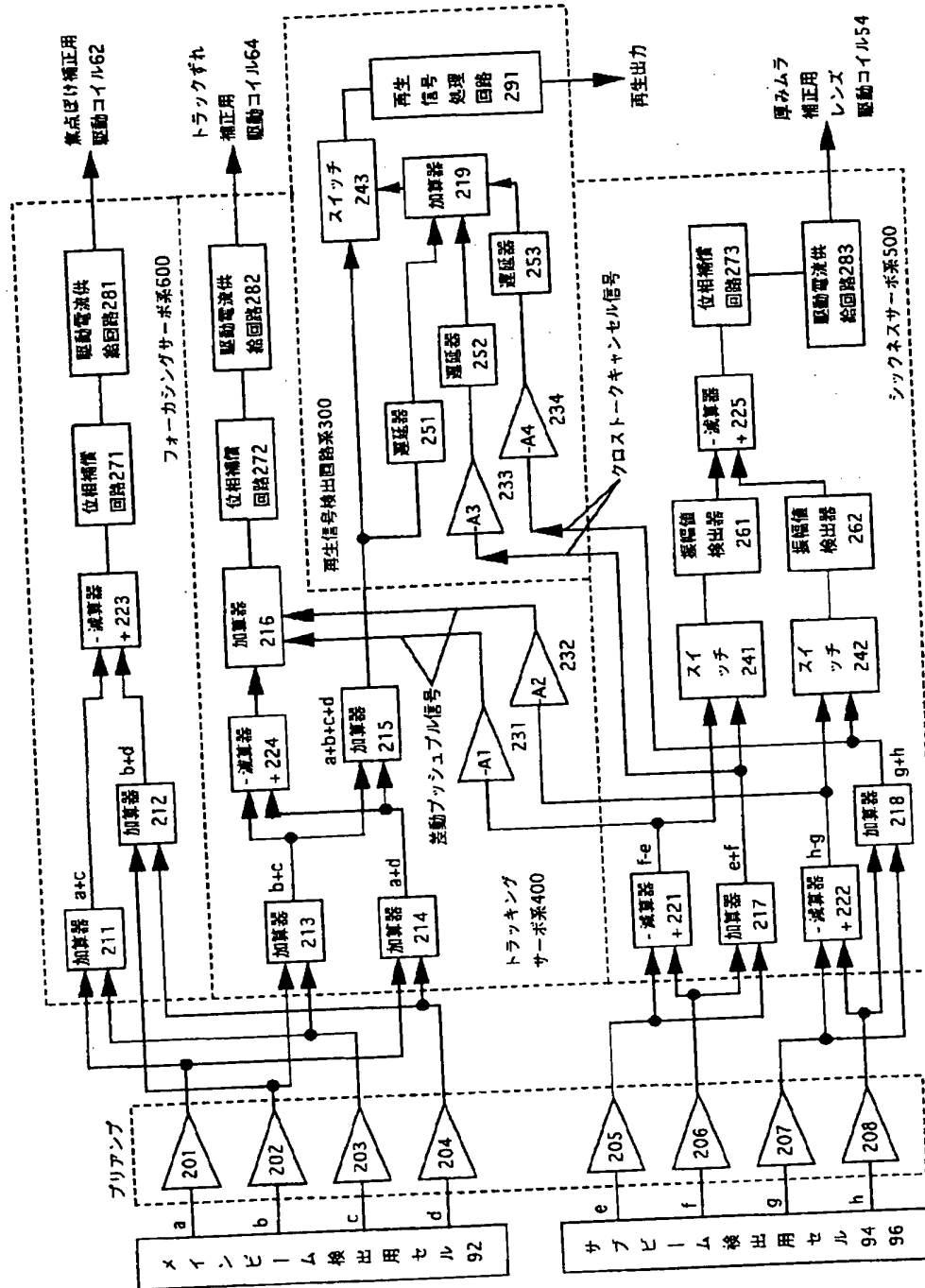
【図6】



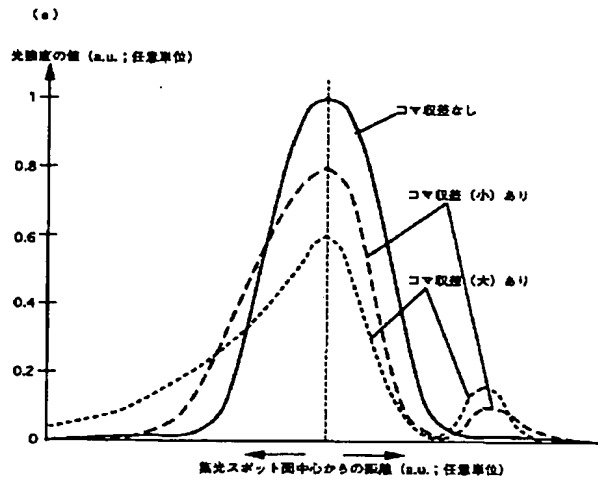
【図16】



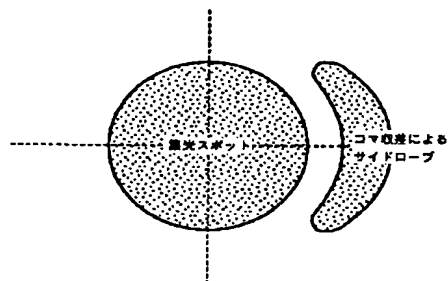
【図7】



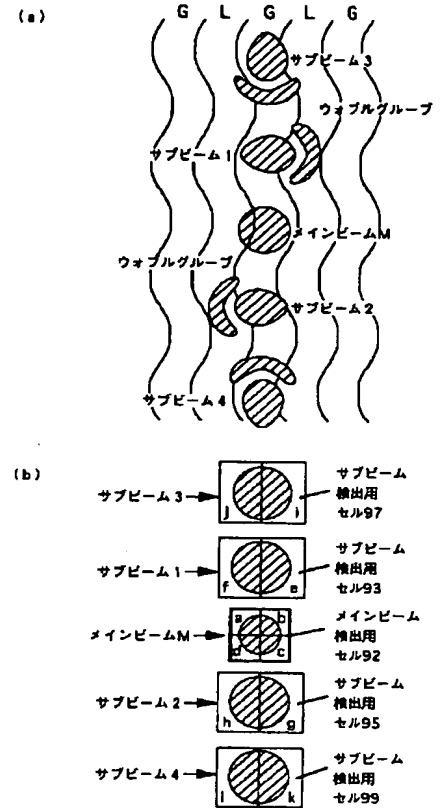
【図11】



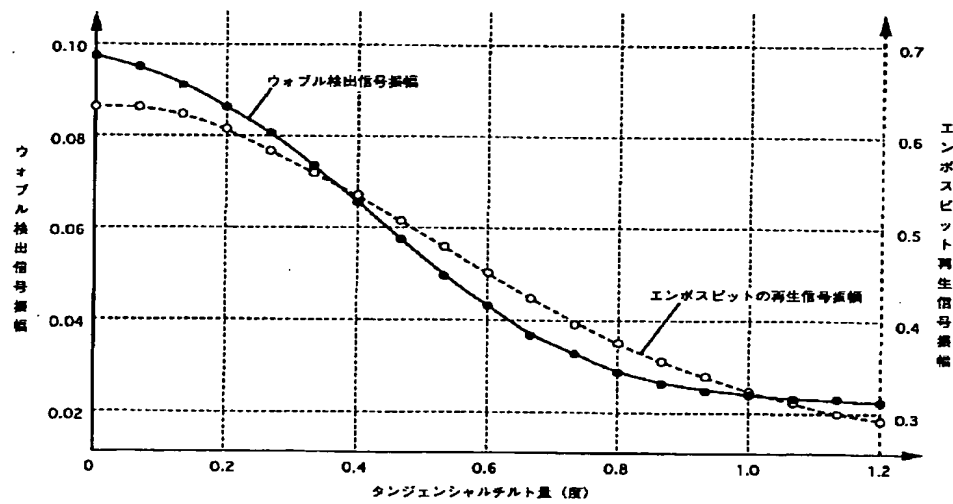
(b)



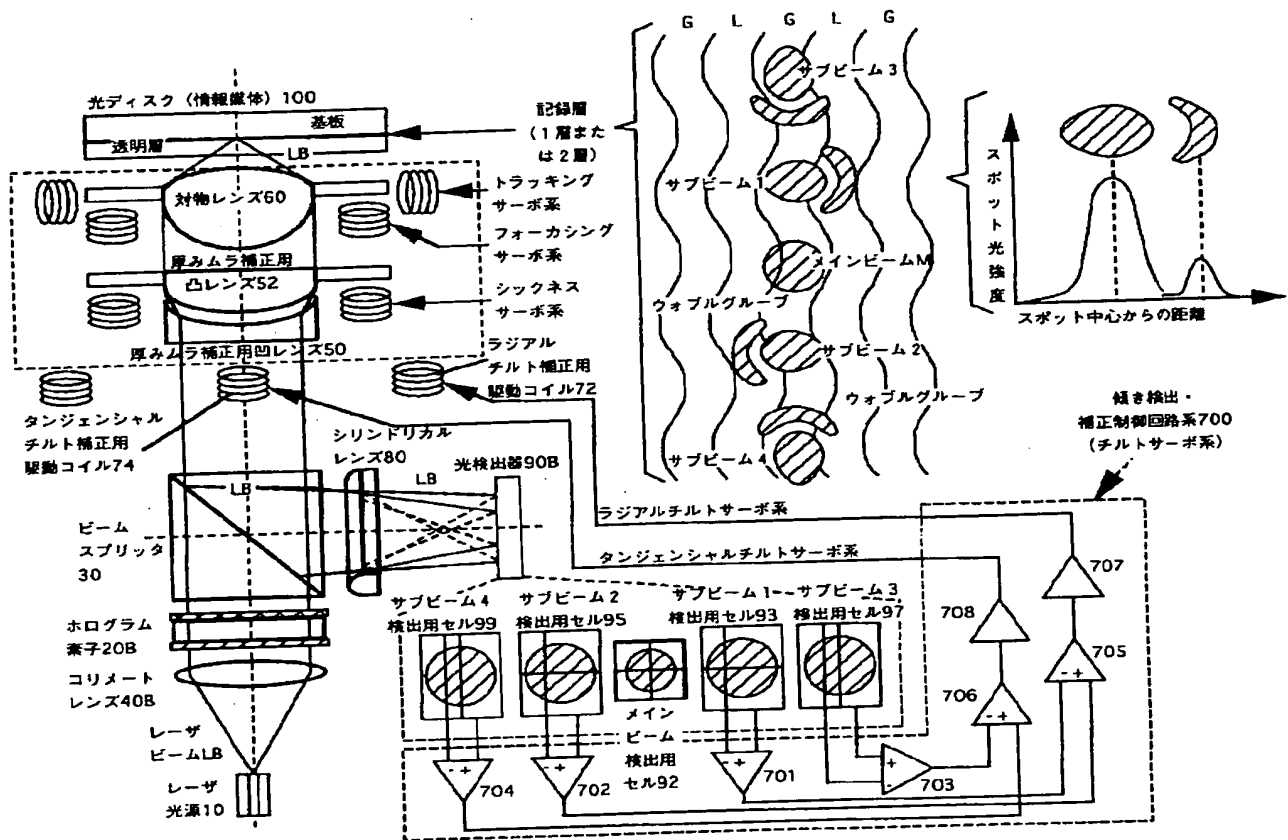
【図12】



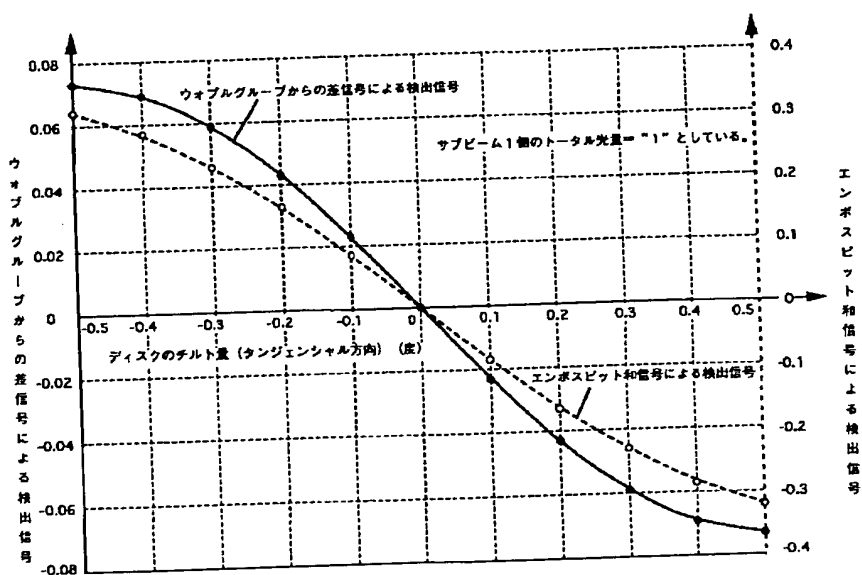
【図17】



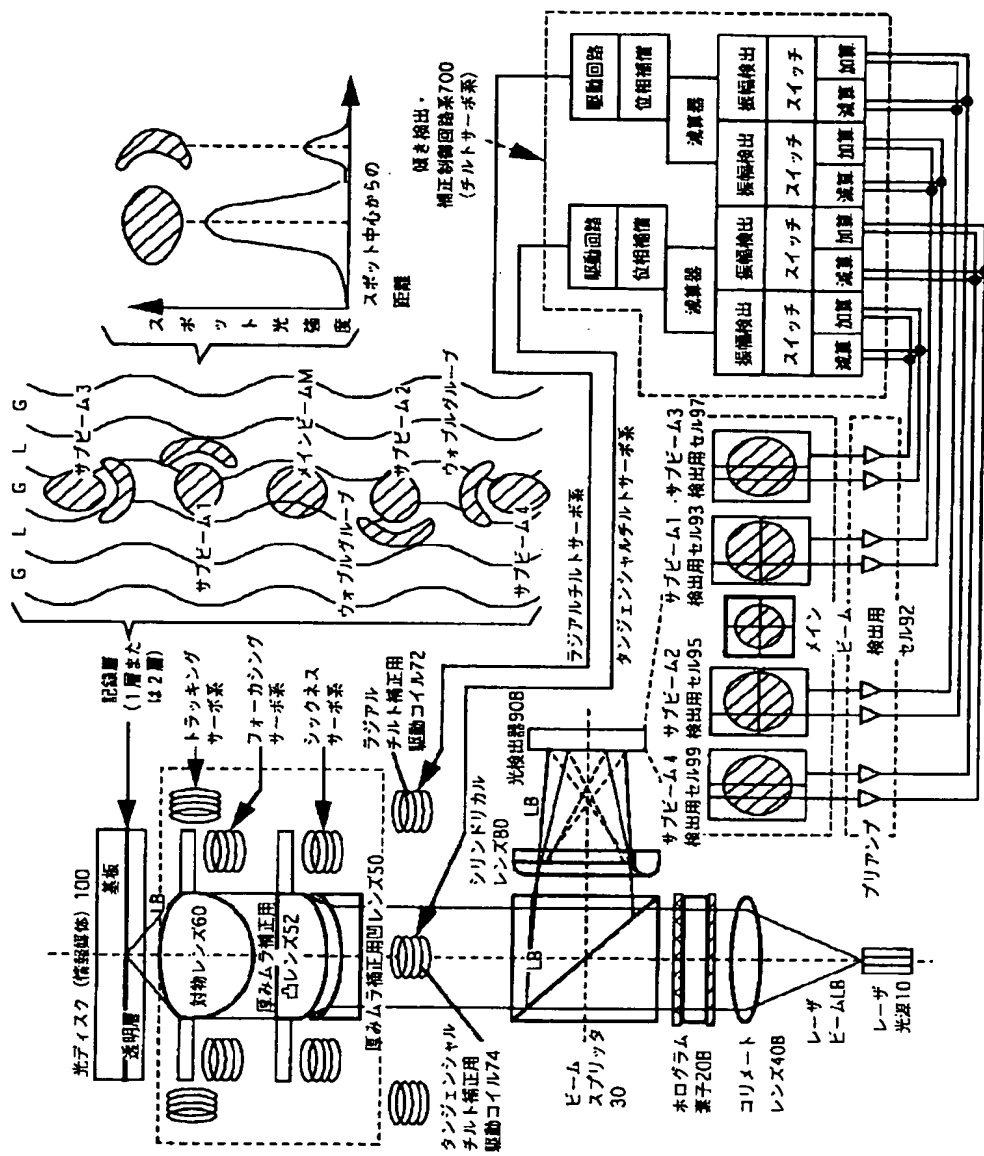
【図13】



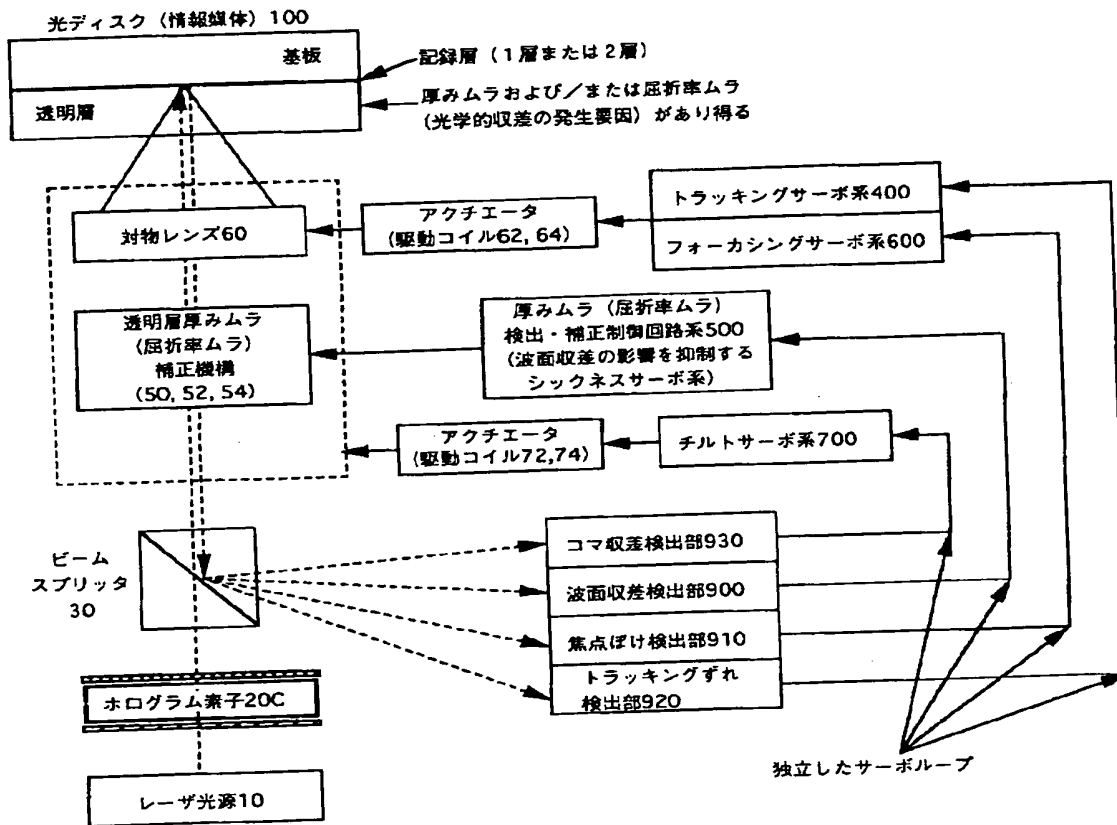
【図18】



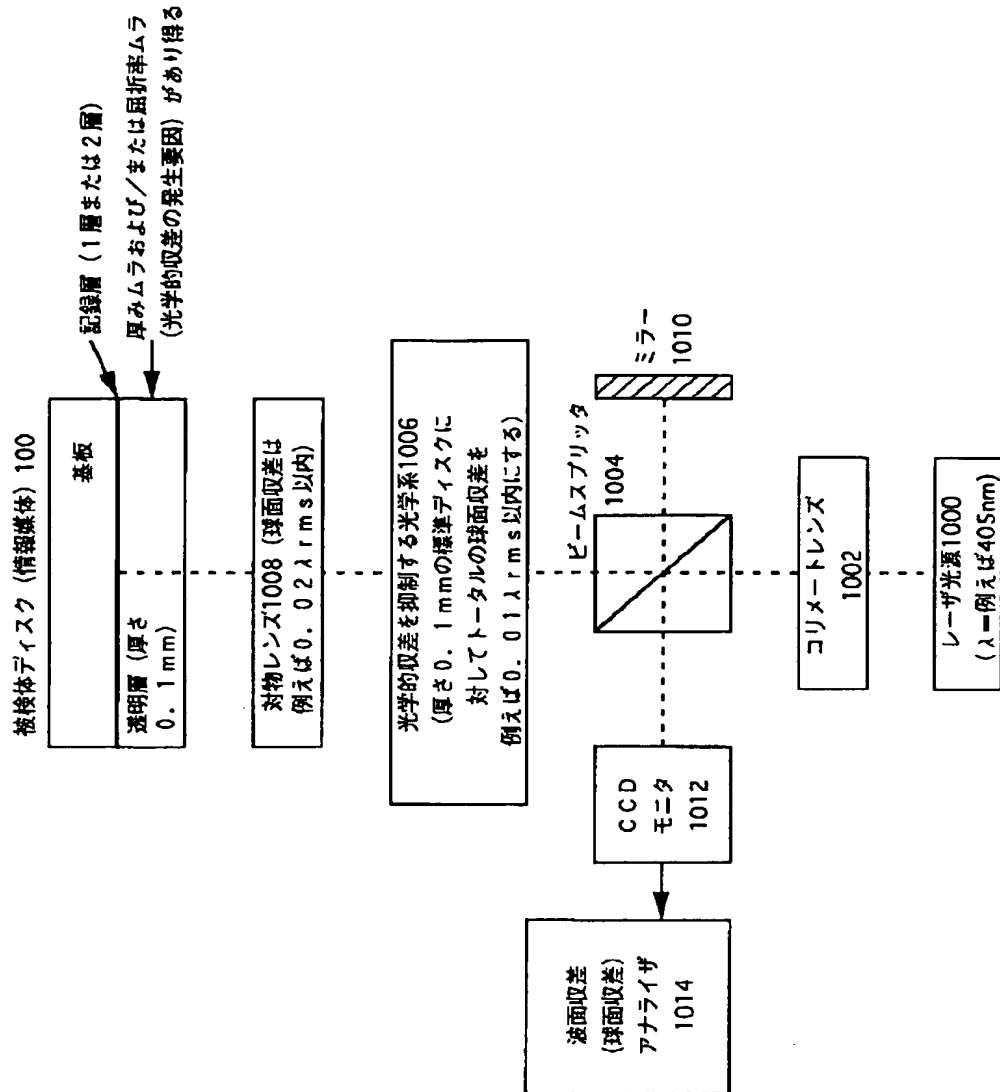
【図14】



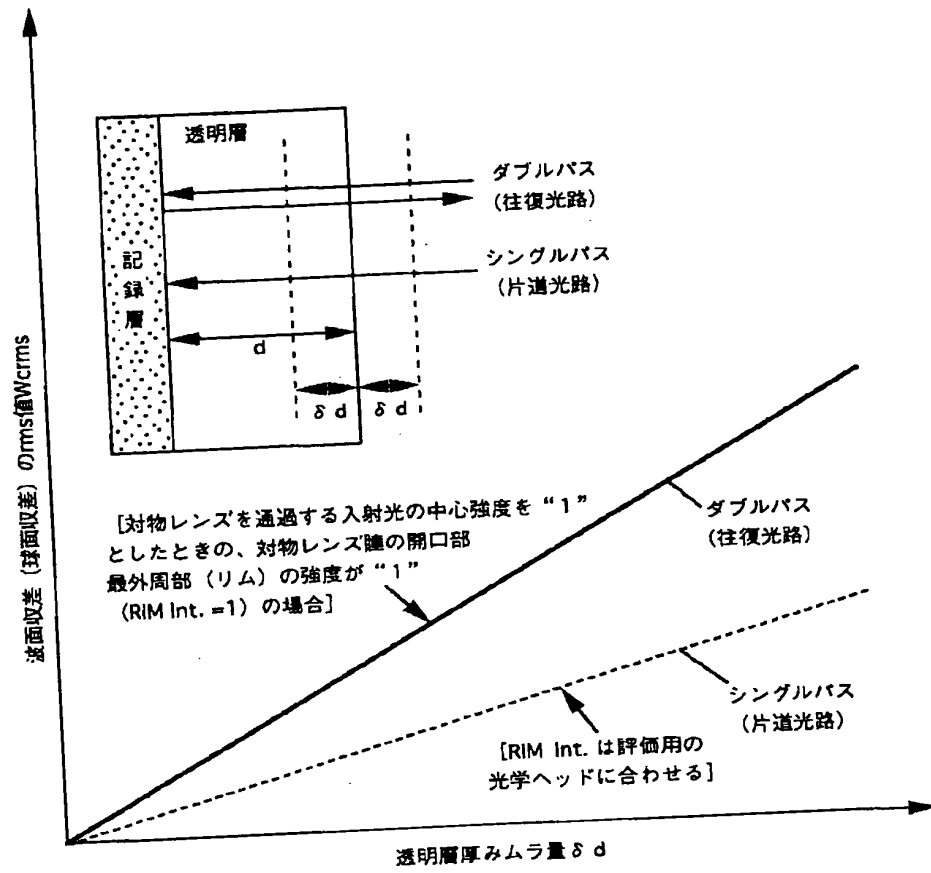
【図19】



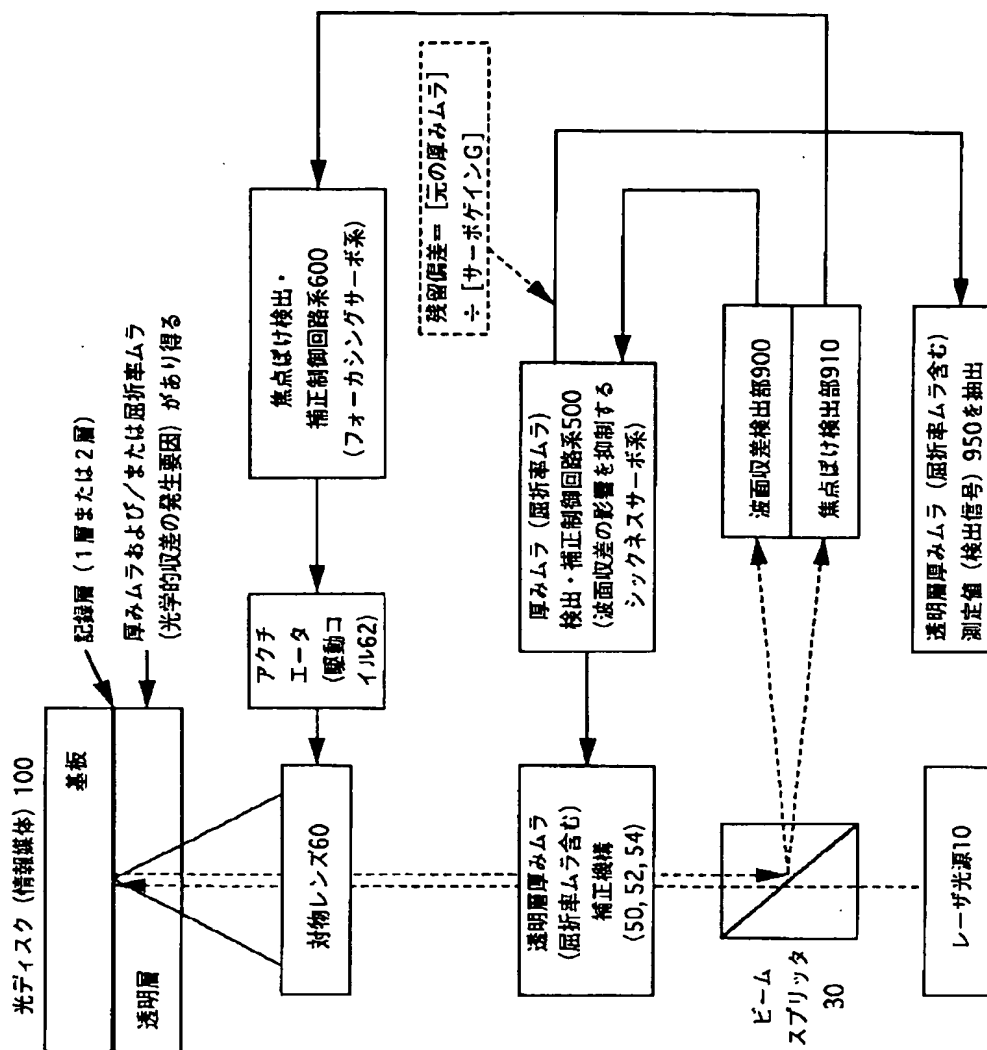
【図20】



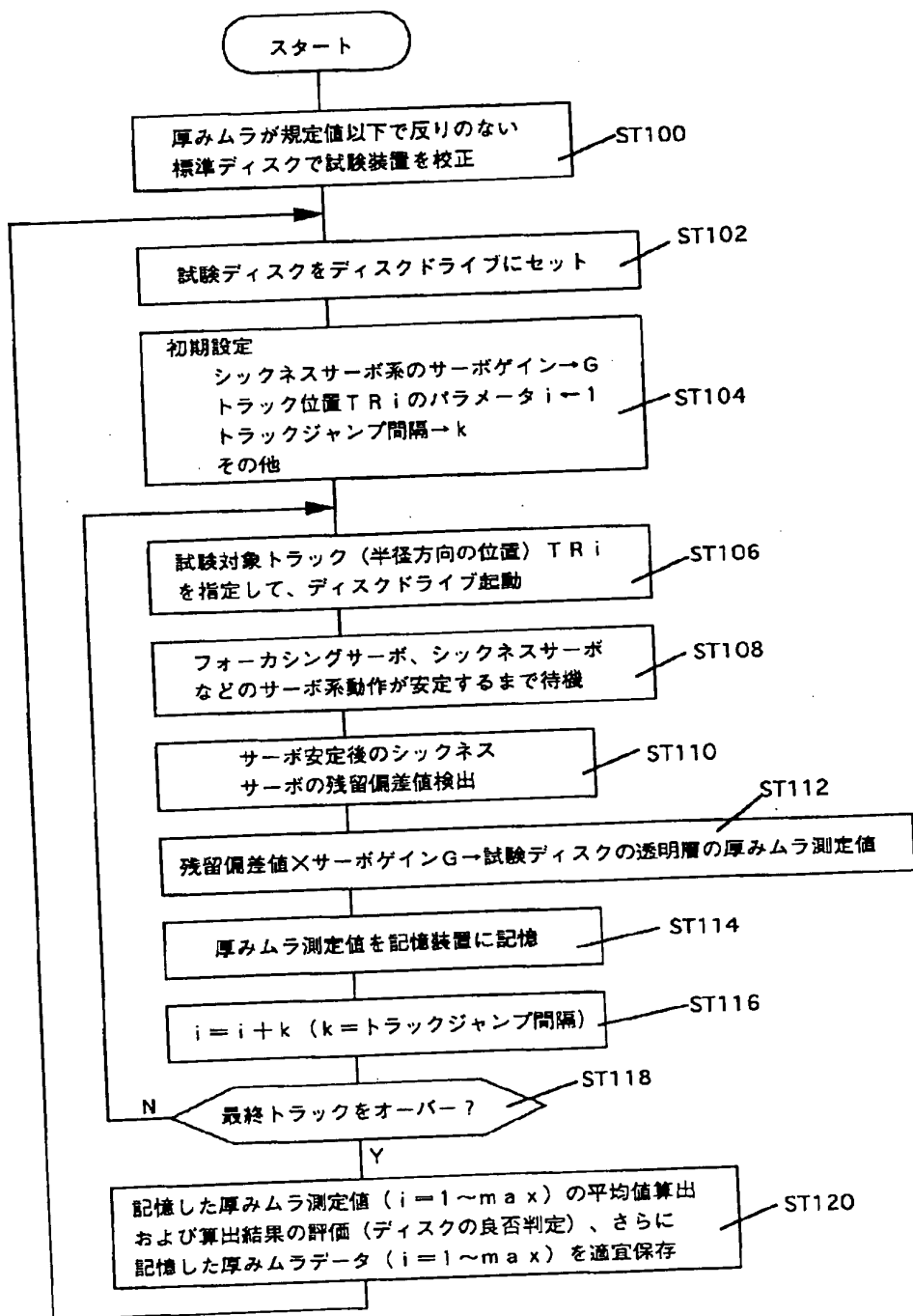
【図21】



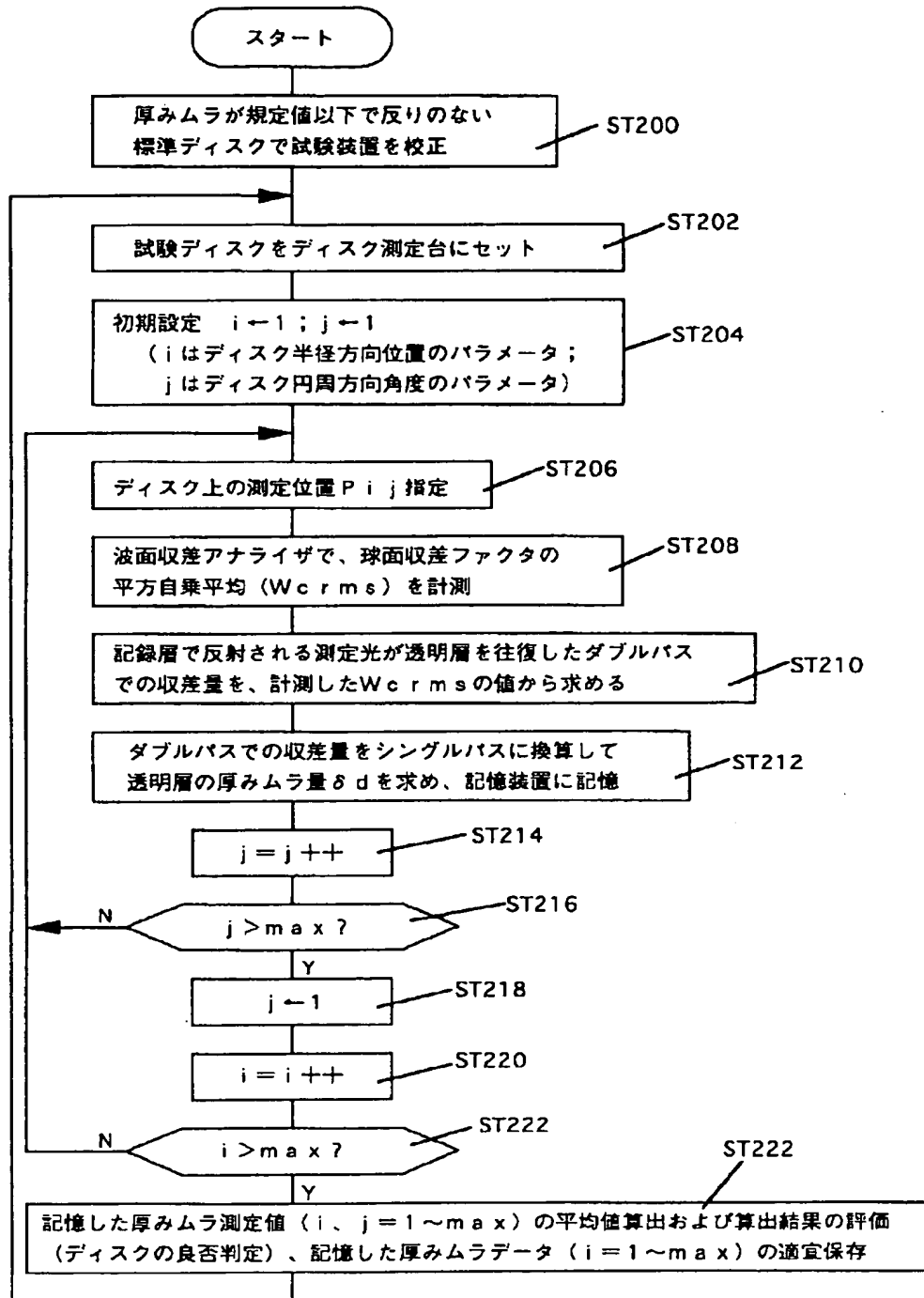
【図22】



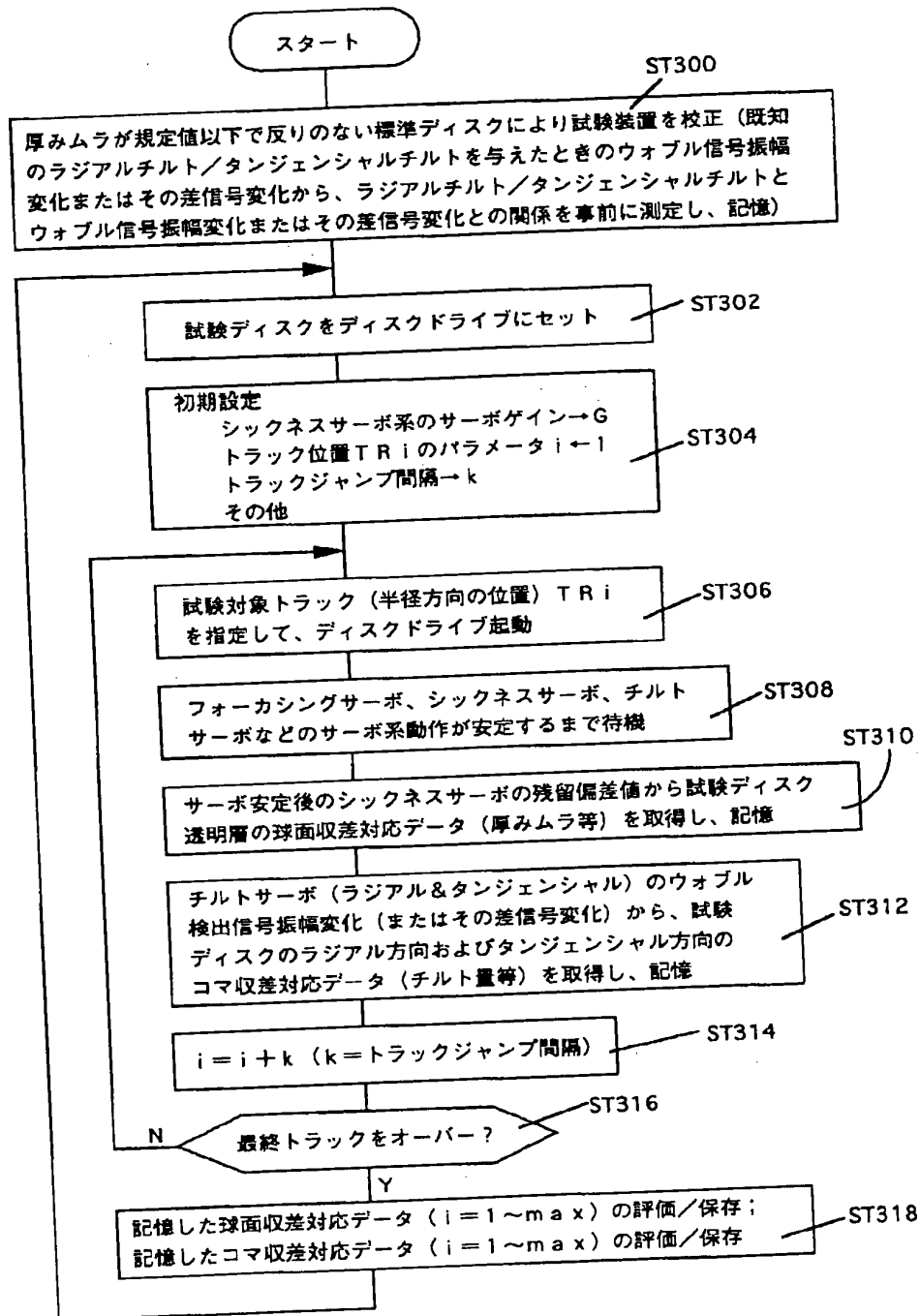
【図23】



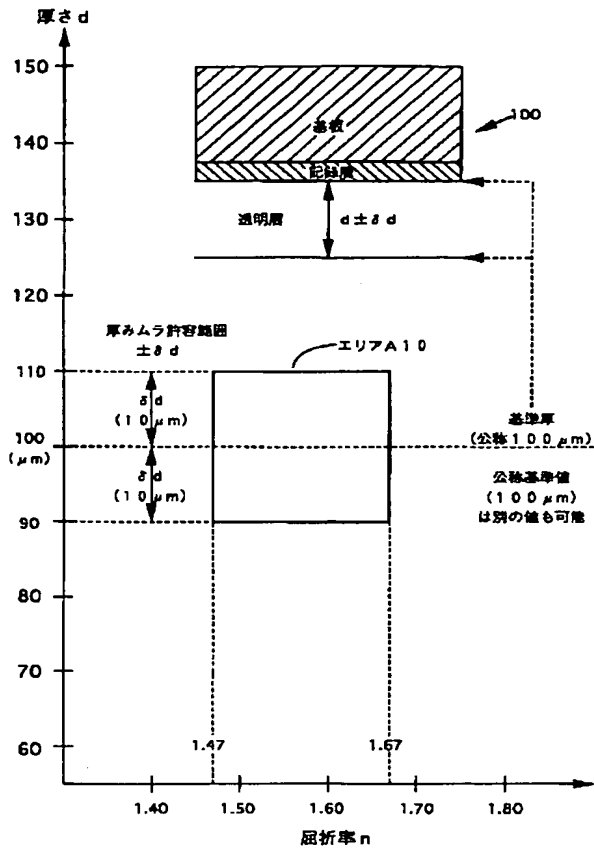
【図24】



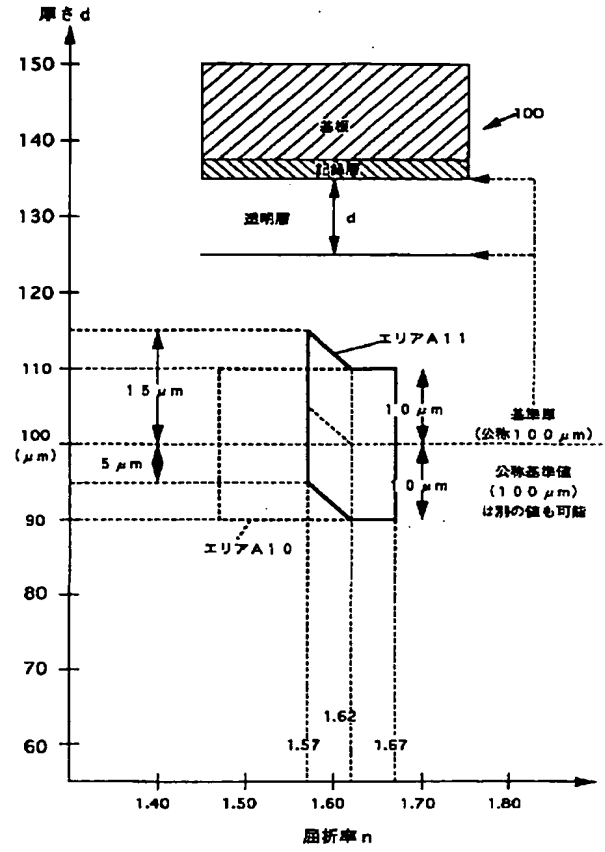
【図25】



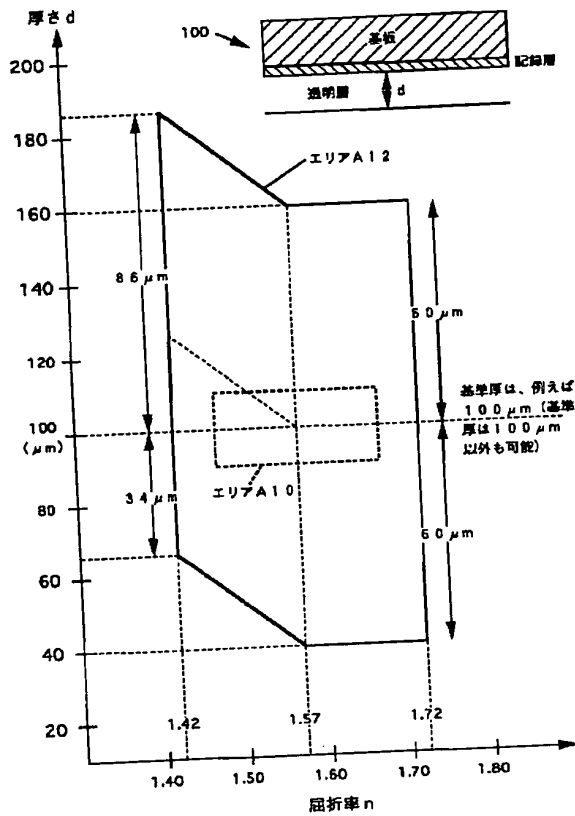
【図26】



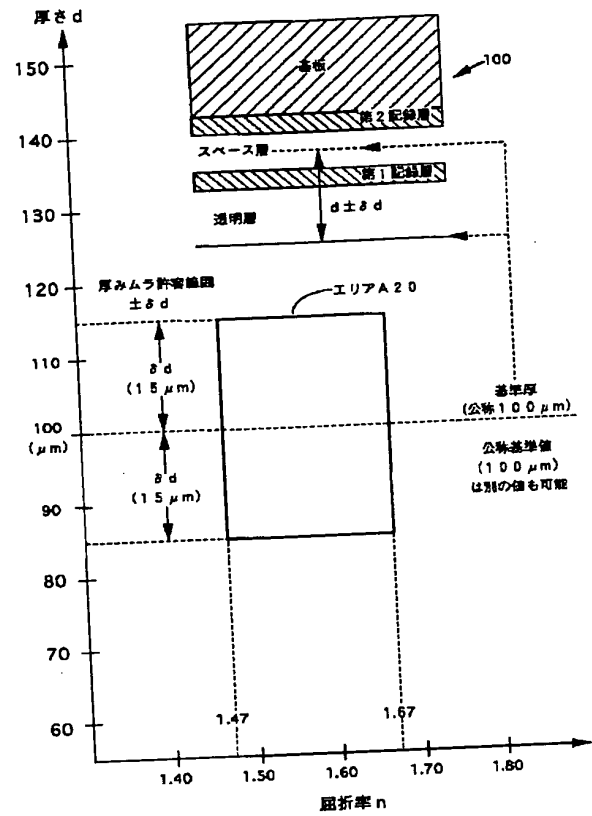
【図27】



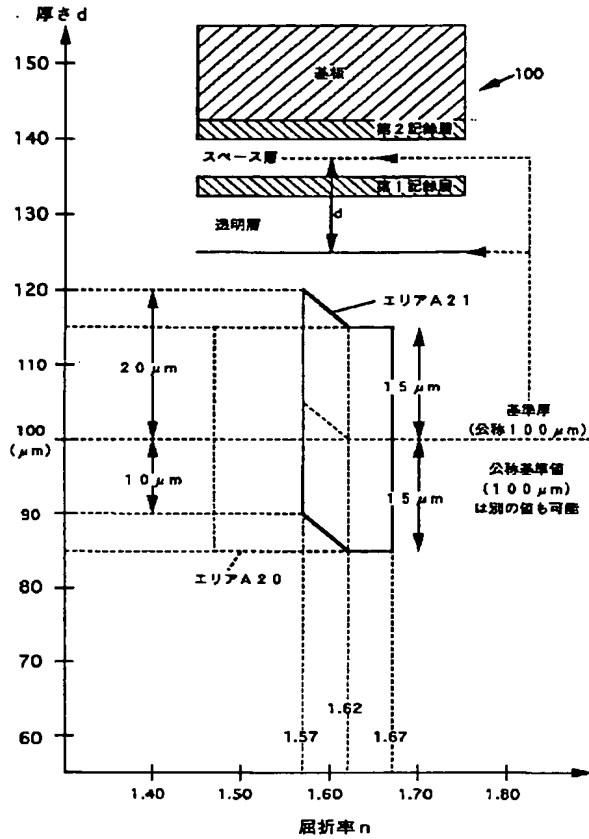
【図28】



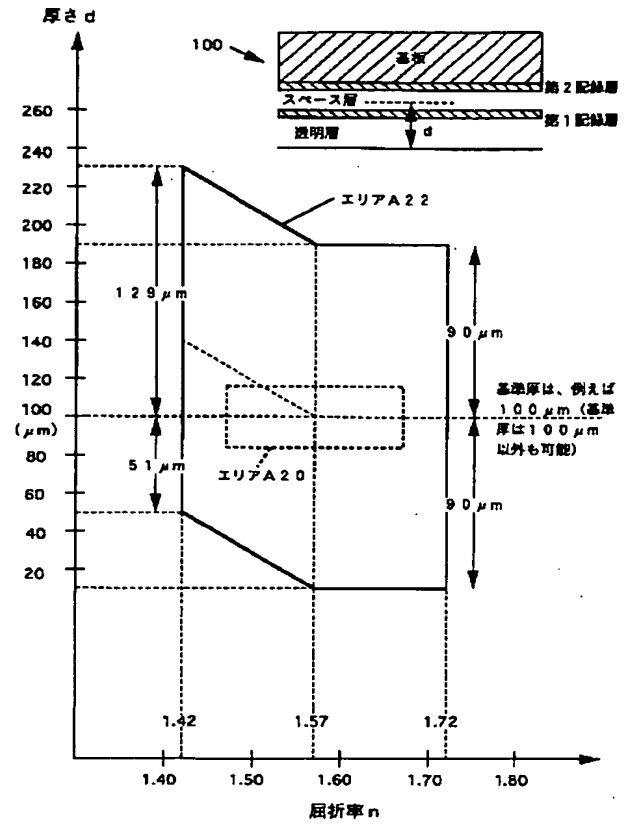
【図29】



【図30】



【図31】



フロントページの続き

(72)発明者 丸山 純孝
神奈川県川崎市幸区柳町70番地 株式会社
東芝柳町事業所内

Fターム(参考) 5D029 JB05 KC06
5D118 AA16 BA01 CA00 CA23 CD02
CD03 CD04 CD06 CG04 CG05
CG14 CG24 CG32 CG44 DA33
DA35
5D119 AA14 AA17 EA02 EA03 EC01
EC43 JA09

THIS PAGE BLANK (USPTO)

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

THIS PAGE BLANK (USPTO)